

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-027203
 (43)Date of publication of application : 05.02.1993

(51)Int.Cl.

G02B 27/28
 G02B 5/04
 G02F 1/1335
 G03B 33/12

(21)Application number : 03-341781
 (22)Date of filing : 02.12.1991

(71)Applicant : HITACHI LTD
 (72)Inventor : ARIKI YOSHIO
 TSUNODA TAKASHI
 DEGUCHI MASAHARU
 MARUYAMA TAKESUKE

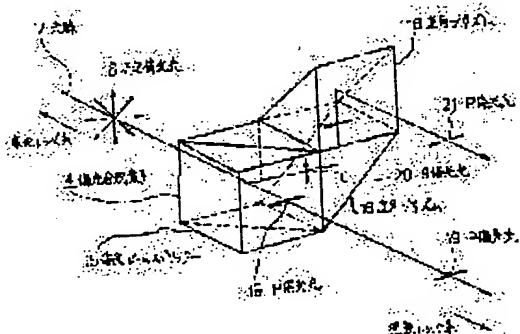
(30)Priority
 Priority number : 03 77562 Priority date : 10.04.1991 Priority country : JP

(54) POLARIZED LIGHT MULTIPLEXING ELEMENT AND LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE
 USING THE SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the utilization efficiency of light and obtain a bright image by effectively utilizing not only P polarized light (or S polarized light), but also S polarized light (or P polarized light).

CONSTITUTION: A polarization beam splitter 15 splits unsteady polarized light 18 projected by a converging lens system into two linear polarized light beams which are the P polarized light 19 and S polarized light 20. Two right-angled prisms 16 are so constituted having their reflecting surfaces slantingly at 45 on their mutually orthogonal optical axes and the split S polarized light 20 is converted into P polarized light 21 while reflected twice and bent by 90. The split P polarized light 19 and converted P polarized light 21 are made incident on a liquid crystal display element through a diverging lens system.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.08.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2823722

[Date of registration]

04.09.1998

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-27203

(43)公開日 平成5年(1993)2月5日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 2 B 27/28		Z 9120-2K		
5/04		D 7316-2K		
G 0 2 F 1/1335	5 3 0	7724-2K		
G 0 3 B 33/12		7316-2K		

審査請求 未請求 請求項の数11(全 25 頁)

(21)出願番号 特願平3-341781

(22)出願日 平成3年(1991)12月2日

(31)優先権主張番号 特願平3-77562

(32)優先日 平3(1991)4月10日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 有木 美雄

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所映像メディア研究所内

(72)発明者 角田 隆史

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所映像メディア研究所内

(72)発明者 出口 雅晴

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所映像メディア研究所内

(74)代理人 弁理士 並木 昭夫

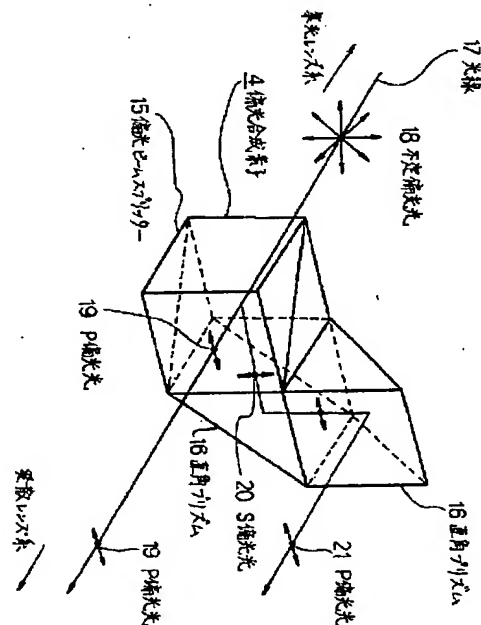
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 偏光合成素子及びこれを用いた液晶表示装置

(57)【要約】

【目的】 P偏光光(あるいはS偏光光)のみならず、S偏光光(あるいはP偏光光)をも有効に利用して、光の利用効率を向上させ明るい画像を得ることを目的とする。

【構成】 偏光ビームスプリッター15は、集束レンズ系より出射した不定偏光光18をP偏光光19とS偏光光20の2つの直線偏光光に分離する。2個の直角プリズム16は、互いに直交する光軸上に45度傾けた状態で反射面が配置されるように構成され、分離されたS偏光光20を2回の反射によりそれぞれ90度折り曲げながらP偏光光21に変換する。分離されたP偏光光19と変換されたP偏光光21は発散レンズ系を介して液晶表示素子に入射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 不定偏光光を入射し、P偏光光とS偏光光とに分離して、そのうち、一方の偏光光を第1の偏光光として出射し、他方の偏光光を第2の偏光光として出射する偏光ビームスプリッターと、少なくとも第1及び第2の反射面を有し、該第1の反射面に対する入射光の光軸と反射光の光軸とを含む面と前記第2の反射面に対する入射光の光軸と反射光の光軸とを含む面とが相互に直交し、かつ、前記第1の反射面に対する入射光の入射角と前記第2の反射面に対する反射光の反射角がそれぞれ45度となるように、前記第1及び第2の反射面を配置すると共に、前記偏光ビームスプリッターより出射された前記第2の偏光光を前記第1の反射面に入射し、その偏光方向を前記偏光ビームスプリッターより出射される前記第1の偏光光の偏光方向と等しくなるように変換して、前記第2の反射面より出射する反射手段と、で構成されることを特徴とする偏光合成素子。

【請求項2】 請求項1に記載の偏光合成素子において、前記反射手段は、2個の直角プリズムから成ると共に、前記偏光ビームスプリッターと前記直角プリズムとを、それぞれ所定の面同士を光学的接着等により貼り合わせて、一体化し、前記偏光ビームスプリッターに入射した光が前記直角プリズムより出射されるまでの間に、外に漏れないようにしたことを特徴とする偏光合成素子。

【請求項3】 不定偏光光を入射し、P偏光光とS偏光光とに分離して、そのうち、一方の偏光光を第1の出射面より出射し、他方の偏光光を第2の出射面より出射すると共に、前記第1の出射面において、該第1の出射面より出射される前記偏光光の横断面の面積が表示素子の表示面の面積のほぼ1/4である偏光ビームスプリッターと、少なくとも第1及び第2の反射面とを有し、該第1の反射面に対する入射光の光軸と反射光の光軸とを含む面と前記第2の反射面に対する入射光の光軸と反射光の光軸とを含む面とが相互に直交し、かつ、前記第1の反射面に対する入射光の入射角と前記第2の反射面に対する反射光の反射角がそれぞれ45度となるように、前記第1及び第2の反射面を配置し、前記偏光ビームスプリッターの第2の出射面より出射された前記偏光光を前記第1の反射面に入射し、その偏光方向を前記偏光ビームスプリッターの第1の出射面より出射される前記偏光光の偏光方向と等しくなるように変換して、前記第2の反射面より出射面を介して出射すると共に、該出射面において、該出射面を介して出射される前記偏光光の横断面の面積が前記表示素子の表示面の面積のほぼ1/4である反射手段と、前記偏光ビームスプリッターの第1の出射面より出射された前記偏光光と前記反射手段の出射面より出射された前記偏光光とを入射し、それぞれ、前記表示素子の表示面上において、約2倍に拡大し、かつ、相互に一致して合成するよう、出射する少なくとも

2枚の偏光レンズと、で構成されることを特徴とする偏光合成素子。

【請求項4】 請求項3に記載の偏光合成素子において、前記反射手段は、2個の直角プリズムから成ると共に、前記偏光ビームスプリッターと前記直角プリズムと前記偏光レンズとを、それぞれ所定の面同士を光学的接着等により貼り合わせて、一体化し、前記偏光ビームスプリッターに入射した光が前記偏光レンズより出射されるまでの間に、外に漏れないようにしたことを特徴とする偏光合成素子。

【請求項5】 不定偏光光を出射する光源と、少なくとも1枚の正または負のパワーを有するレンズにより構成され、前記光源より出射された前記不定偏光光を集束させる集束レンズ系と、該集束レンズ系により集束された前記不定偏光光を入射し、P偏光光とS偏光光とに分離して、そのうち、一方の偏光光を第1の偏光光として出射し、他方の偏光光を第2の偏光光として出射する偏光ビームスプリッターと、少なくとも第1及び第2の反射面を有し、該第1の反射面に対する入射光の光軸と反射光の光軸とを含む面と前記第2の反射面に対する入射光の光軸と反射光の光軸とを含む面とが相互に直交し、かつ、前記第1の反射面に対する入射光の入射角と前記第2の反射面に対する反射光の反射角がそれぞれ45度となるように、前記第1及び第2の反射面を配置すると共に、前記偏光ビームスプリッターより出射された前記第2の偏光光を前記第1の反射面に入射し、その偏光方向を前記偏光ビームスプリッターより出射される前記第1の偏光光の偏光方向と等しくなるように変換して、前記第2の反射面より出射する反射手段と、少なくとも1枚の正または負のパワーを有するレンズにより構成され、前記偏光ビームスプリッターより出射された前記第1の偏光光と前記反射手段より出射された前記偏光光とを発生させる発散レンズ系と、該発散レンズ系により発散された前記偏光光を透過することにより画像を表示する液晶表示素子と、で構成されることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項6】 請求項5に記載の液晶表示装置において、前記反射手段は、2個の直角プリズムから成ると共に、前記偏光ビームスプリッターと前記直角プリズムとを、それぞれ所定の面同士を光学的接着等により貼り合わせて、一体化し、前記偏光ビームスプリッターに入射した光が前記直角プリズムより出射されるまでの間に、外に漏れないようにしたことを特徴とする液晶表示装置。

【請求項7】 不定偏光光を出射する光源と、少なくとも1枚の正または負のパワーを有するレンズにより構成され、前記光源より出射された前記不定偏光光を集束させる集束レンズ系と、該集束レンズ系により集束された前記不定偏光光を入射し、P偏光光とS偏光光とに分離して、そのうち、一方の偏光光を第1の出射面より出射

し、他方の偏光光を第2の出射面より出射すると共に、前記第1の出射面において、該第1の出射面より出射される前記偏光光の横断面の面積が液晶表示素子の表示面の面積のほぼ1/4である偏光ビームスプリッターと、少なくとも第1及び第2の反射面とを有し、該第1の反射面に対する入射光の光軸と反射光の光軸とを含む面と前記第2の反射面に対する入射光の光軸と反射光の光軸とを含む面とが相互に直交し、かつ、前記第1の反射面に対する入射光の入射角と前記第2の反射面に対する反射光の反射角がそれぞれ45度となるように、前記第1及び第2の反射面を配置し、前記偏光ビームスプリッターの第2の出射面より出射された前記偏光光を前記第1の反射面に入射し、その偏光方向を前記偏光ビームスプリッターの第1の出射面より出射される前記偏光光の偏光方向と等しくなるように変換して、前記第2の反射面より出射面を介して出射すると共に、該出射面において、該出射面を介して出射される前記偏光光の横断面の面積が前記液晶表示素子の表示面の面積のほぼ1/4である反射手段と、前記偏光ビームスプリッターの第1の出射面より出射された前記偏光光と前記反射手段の出射面より出射された前記偏光光とを入射し、それぞれ、前記液晶表示素子の表示面上において、約2倍に拡大し、かつ、相互に一致して合成するよう、出射する少なくとも2枚の偏芯レンズと、該偏芯レンズより出射された前記偏光光を透過することにより画像を表示する前記液晶表示素子と、で構成されることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項8】 請求項7に記載の液晶表示装置において、前記反射手段は、2個の直角プリズムから成ると共に、前記偏光ビームスプリッターと前記直角プリズムと前記偏芯レンズとを、それぞれ所定の面同士を光学的接着等により貼り合わせて、一体化し、前記偏光ビームスプリッターに入射した光が前記偏芯レンズより出射されるまでの間に、外に漏れないようにしたことを特徴とする液晶表示装置。

【請求項9】 請求項5、6、7または8に記載の液晶表示装置において、前記液晶表示素子は、各マイクロレンズがそれぞれ画素配列と等しくなるよう配列され、各マイクロレンズの形状がそれぞれ1画素に対応する領域の形状（正方形、矩形など）と等しい平面レンズアレイを、前記偏光光の入射される側の透明基板上に密着し、各マイクロレンズの焦点がそれぞれ液晶の層の中またはその近傍で、かつ、画素電極のほぼ中央に位置するよう、配置して成ることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項10】 請求項5、6、7または8に記載の液晶表示装置において、前記液晶表示素子は、各マイクロレンズがそれぞれ画素配列と等しくなるよう配列され、各マイクロレンズの形状がそれぞれ1画素に対応する領域の形状（正方形、矩形など）と等しい平面レンズアレイを、前記偏光光の入射される側の透明基板として代用

し、各マイクロレンズの焦点がそれぞれ液晶の層の中で、かつ、画素電極のほぼ中央に位置するよう、配置して成ることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項11】 請求項5、6、7、8、9または10に記載の液晶表示装置において、前記集束レンズ系を構成するレンズのレンズ面のうち、少なくとも1面以上のレンズ面は非球面から成ることを特徴とする液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、不定偏光光から直線偏光光を作り出し、光源からの光の利用効率の向上を図ることが可能な偏光合成素子及びこれを用いた液晶表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、直線偏光光を利用する素子として、代表的なものにTN液晶表示素子があり、これを液晶ライトバルブとして用いた液晶表示装置としては、例えば、特開昭63-15225号公報または特開昭63-116123号公報に記載のように、単一光源から出力された白色光をダイクロイックミラーにより、赤、青、緑の色の三原色に分光し、この三原色光を3枚の液晶ライトバルブにそれぞれ入射することにより、三原色に対応する画像を得て、これら画像をダイクロイックミラー、あるいは、ダイクロイックプリズムを用いて合成することにより、カラー画像を得て、このカラー画像を1本の投写レンズを用いて、スクリーン上に拡大投写させるものがあつた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術において、液晶ライトバルブとして用いる液晶表示素子は、その両端が偏光板によってそれぞれ構成されており、これにより、液晶表示素子に入射した光線は、P偏光光あるいはS偏光光のうち一方しか出射されない。すなわち、液晶表示素子を透過する光量、すなわち、光の利用効率は半減し、かなりの光の損失が生じてしまう。

【0004】 ここで、P偏光光とは入射面に対して平行な偏光面（電気ベクトルの振動している平面）をもつ直線偏光光のことをいい、S偏光光とは入射面に対して垂直な偏光面をもつ直線偏光光のことをいう。

【0005】 例えば、従来では、前記偏光板として一般に染料（2色性色素）を分有する偏光板を用いており、その場合、P偏光光を透過する素子では、S偏光光は吸収するので光の損失が生じてしまう。

【0006】 また、上記従来技術においては、液晶表示素子の開口率に問題があることも同様に指摘されていた。ここでは、開口率は次のように定義する。

開口率 = 1画素中の表示に寄与する有効面積 / 1画素全領域の面積

【0007】 すなわち、その問題というのは、液晶表示

素子のうち、表示に寄与しない部分が大きいと開口率は小さくなり、光の利用効率が悪くなるということである。表示に寄与しない部分（遮光部）としては、各電極の金属配線、個々の画素を個別に制御する手段として付加された非線形素子あるいはスイッチング素子、画素電極の周囲のギャップなどが挙げられる。

【0008】また、同一液晶表示素子のパネルサイズで精細度を高くするには画素ピッチを小さくする必要があるが、この場合、液晶表示素子の構成要素のすべてを相似的に縮小できれば開口率は変化しないが、エッチング精度、位置合わせ精度の点から、電極の金属配線の幅や付加素子の大きさはある程度以下には小さくできない。その結果、精細度を高くしていくと開口率が小さくなるという問題がある。

【0009】そこで、本発明の目的は、上記した従来技術の問題点を解決し、P偏光光（あるいはS偏光光）のみならず、S偏光光（あるいはP偏光光）をも有効に利用して、光の利用効率を向上させ明るい画像を得ることのできる偏光合成素子及びこれを用いた液晶表示装置を提供することにある。さらに、液晶表示素子の開口率を大きくして、光の利用効率を向上させ明るい画像を得ることのできる液晶表示装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、光源からの不定偏光光をP偏光光とS偏光光の2つの直線偏光に分離する偏光ビームスプリッターと、互いに直交する光軸上に45度傾けた状態で反射面が配置されるように構成され、前記偏光ビームスプリッターによって分離した偏光光のうちS偏光光（またはP偏光光）を、もう一方の偏光光の偏光方向と等しくなるように変換し（すなわち、P偏光光（またはS偏光光）に変換し）、液晶表示素子に入射させる2個の直角プリズムと、によって偏光合成素子を構成するようにした。

【0011】また、偏光ビームスプリッターによって分離して得られたP偏光光（またはS偏光光）の光軸と前記直角プリズムにより偏光方向を変換して得られたP偏光光（またはS偏光光）の光軸はそれぞれ偏心しており、この偏心による光の利用効率の低下を防止するために、光源から出射した光線を、凹面鏡と、凸レンズあるいは凹レンズにより構成される集束レンズ系とを用いて一旦集束させて、この集束した状態で前記偏光合成素子に入射し、さらに、凸レンズあるいは凹レンズにより構成される発散レンズ系により発散させて液晶表示素子に入射する構成とするか、あるいは、光軸をそれぞれ所定量偏心した偏心レンズにより拡大させて液晶表示素子に入射する構成とした。

【0012】さらに、前記液晶表示素子において、各マイクロレンズがそれぞれ画素配列と等しくなるよう配列され、各マイクロレンズの形状がそれぞれ1画素に対応

する領域の形状（正方形、矩形など）と等しい平面レンズアレイを、前記偏光光の入射される側の透明基板上に密着し、各マイクロレンズの焦点がそれぞれ液晶の層の中またはその近傍で、かつ、画素電極のほぼ中央に位置するよう、設けるようにした。さらには、前記平板マイクロレンズアレイとして屈折率分布型マイクロレンズアレイを用いることによって、前記透過型の液晶表示素子の、前記偏光光の入射される側の透明基板として代用させるようにした。

10 【0013】

【作用】光源より出射した光線は凹面鏡により反射し、集束レンズ系に入射する。集束レンズ系に入射した光線は、集束された後、ほぼ平行光束となって偏光ビームスプリッターと直角プリズムにより構成される偏光合成素子に入射する。

【0014】ここで、集束レンズ系より出射した光線は不定偏光光であって、偏光ビームスプリッターに入射して、P偏光光とS偏光光とに分離される。偏光ビームスプリッターにより分離されたS偏光光（またはP偏光光）は、互いに直交する光軸上に45度傾けた状態で反射面が配置するように構成した2個の直角プリズムにより、その進路をそれぞれ90度折り曲げられてP偏光光（またはS偏光光）に変換される。これにより、光軸の異なる隣接した2つの出射面、すなわち、偏光ビームスプリッターの出射面と直角プリズムの出射面より、それぞれ、偏光方向が同一の偏光光、すなわち、P偏光光（またはS偏光光）が同一の方向に出射し、発散レンズ系に入射する。

【0015】そして、このP偏光光（またはS偏光光）は発散レンズ系により発散されて液晶表示素子に入射する。ここで、前記偏光合成素子出射後の光線は、先に集束レンズ系により、液晶表示素子に対してかなり小さく絞られているので、偏光ビームスプリッターによって分離して得られたP偏光光（またはS偏光光）と直角プリズムにより偏光方向を変換して得られたP偏光光（またはS偏光光）との光軸の偏心による液晶表示素子に入射する光の利用効率の低下はほぼなくなり、明るい画像が得られる。

【0016】また、発散レンズ系の代わりに、光軸がそれぞれに所定量偏心した2枚の偏心レンズによって、光軸の異なる隣接した2つの出射面（偏光ビームスプリッターの出射面と直角プリズムの出射面）より出射する偏光光の光軸ずれを補正しても、同様に明るい画像が得られる。また、2個の直角プリズムの代わりに、ミラー等の反射板を2枚使用しても良い。

【0017】さらに、本発明のように、偏光光の入射される側の透明基板上に平板マイクロレンズを密着して設けることにより、入射光が有効に画素電極に導かれ、各電極の金属配線、個々の画素を個別に制御する手段として付加された非線形素子あるいはスイッチング素子、画

素電極の周囲のギャップなどの表示に寄与しない部分（遮光部）で遮断されることによる入射光のケラレがほとんど生じないために、開口率が大きく明るい画像の表示が得られる。

【0018】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。図1は本発明の一実施例としての液晶表示装置を示す構成図である。

【0019】図1において、1は光源であり、例えばメタルハライドランプ、ハロゲンランプ等の白色光源である。2は凹面鏡であり、3は光源1からの白色光を集束するための集束レンズ系であり、1枚の正のパワーを有するレンズ（凸レンズ）と1枚の負のパワーを有するレンズ（凹レンズ）により構成される。4は偏光合成素子であり、偏光手段としての偏光ビームスプリッターと変換手段としての2個の直角プリズムにより構成される。5は偏光合成素子4を出射した後の光線を発散するための発散レンズ系であり、1枚の負のパワーを有するレンズと1枚の正のパワーを有するレンズにより構成される。6は液晶表示素子であり、7は液晶表示素子6上の表示画像を拡大するための投写レンズであり、8はスクリーンである。9～13はいずれも液晶表示素子6の駆動回路であり、そのうち、9はビデオ・クロマ処理回路、10はRGB出力回路、11はXドライバ、12は同期処理回路、13はコントローラ、14はYドライバである。

【0020】以下、本実施例の動作について説明する。上記構成において、光源1は凹面鏡2の焦点位置近傍に配置されており、光源1からの白色光は凹面鏡2を反射してほぼ平行光束となり、集束レンズ系3に入射する。集束レンズ系3に入射した光線は該集束レンズ系3の正のパワーを有するレンズにより集束され、負のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となり、偏光合成素子4を介して発散レンズ系5に入射する。発散レンズ系5に入射した光線は該発散レンズ系5の負のパワーを有するレンズにより発散され、正のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となり、液晶表示素子6に入射する。そして、液晶表示素子6上に表示された画像は、投写レンズ7により拡大され、その結果、スクリーン8上に拡大した画像が得られる。

【0021】また、レーザーディスク、VTR等（図示せず）から入力されたビデオ入力はビデオ・クロマ処理回路9により処理された後、RGB出力回路10に入力される。RGB出力回路10は、R、G、Bに対応する映像信号を、液晶表示素子6をAC駆動するため、垂直期間ごとに極性反転し、Xドライバ11を介して液晶表示素子6に入力する。なお、前記ビデオ・クロマ処理回路9、RGB出力回路10、Xドライバ11及びYドライバ14は同期処理回路12、コントローラ13により同期がとられている。

【0022】次に、図2を用いて図1の偏光合成素子4の構成及び動作について詳細に説明する。図2は図1の偏光合成素子4を示す斜視図である。

【0023】図2において、15は不定偏光光をP偏光光とS偏光光の2つの直線偏光光に分離するための偏光手段としての偏光ビームスプリッターであり、16は該偏光ビームスプリッター15により分離して得られたP偏光光をS偏光光に変換するための変換手段としての2個の直角プリズムである。

【0024】集束レンズ系3を出射し、偏光ビームスプリッター15に入射する光線17は不定偏光光18であり、該不定偏光光18は前記偏光ビームスプリッター15によりP偏光光19とS偏光光20の2つの直線偏光光に分離される。そのうち、P偏光光19は偏光ビームスプリッター15を透過してそのまま発散レンズ系5を介して液晶表示素子6に入射する。

【0025】一方、S偏光光20は偏光ビームスプリッター15を反射して、互いに直交する光軸上に45度傾けた状態で反射面が配置されるように構成した2個の直角プリズム16に入射し、それら直角プリズム16によってその進路をそれぞれ90度折り曲げられながら2回の反射によりP偏光光21に変換されて、発散レンズ系5を介して液晶表示素子6に入射する。

【0026】この様に、集束レンズ系3より出射された不定偏光光18を、偏光合成素子4によって、すべてP偏光光（P偏光光19とP偏光光21）にして液晶表示素子6に入射させることにより、入射した光線はすべて液晶表示素子6の偏光板を通過するので、従来、液晶表示素子4においては、光源からの不定偏光光のうち、P偏光光あるいはS偏光光のいずれか一方の直線偏光光のみしか利用できなかったものが、本実施例では、光源からの不定偏光光のほぼ全て、言い替えれば、P偏光光とS偏光光の両偏光光を有効に利用でき、光の利用効率を大幅に改善することができる。

【0027】なお、図2に示すように、本実施例における偏光合成素子4は構成部品として2個の直角プリズム16を使用したか、これは、ミラー等の反射板を使用してもよい。しかし、本実施例のように直角プリズム16を使用することにより、前記偏光合成素子4の構成部品（偏光ビームスプリッター15、直角プリズム16）を相互に光学的接着により一体化することができ、これによって偏光ビームスプリッター15に入射した光が直角プリズム16から出射されるまで外に洩れなくすることができるので、光の利用効率が良く、さらにコンパクトな偏光合成素子4を実現できる。

【0028】一方、発散レンズ系5では、前述したように、入射した光線を負のパワーを有するレンズにより発散させ、正のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束として、液晶表示素子6に入射しているが、ここで、発散レンズ系5の負のパワーを有するレンズの有効径は偏

光合成素子4を射出する光束よりも大きくなっている。さらに、光源1からの光線は集束レンズ系3により集束され、この集束された状態でP偏光光とS偏光光とに分離、偏光変換され、その後、発散レンズ系5により発散されて液晶表示素子6に入射している。偏光合成素子4におけるP偏光光19、21の光軸の偏心による光の利用効率の低下はほぼなくなり、明るい画像が得られる。

【0029】以上説明したように、従来は、光源からの不定偏光光のうち、P偏光光あるいはS偏光光のいずれか一方の直線偏光光のみしか利用されていなかったものが、本実施例においては、光源からの不定偏光光のほぼ*

$r_1 = -$	$d_1 = -11$	(光源面)		
$r_2 = -$	$d_2 = 60$	(凹面鏡面)		
$r_3 = 60$	$d_3 = 20$		$n_1 = 1.51633$	$\gamma_1 = 64.15$
$r_4 = \infty$	$d_4 = 75$			
$r_5 = -24$	$d_5 = 5$		$n_2 = 1.51633$	$\gamma_2 = 64.15$
$r_6 = 24$	$d_6 = 15$			
$r_7 = -$	$d_7 = 10$	(偏光合成素子入射面)		
$r_8 = -$	$d_8 = 15$	(偏光合成素子出射面)		
$r_9 = -40$	$d_9 = 5$		$n_3 = 1.51633$	$\gamma_3 = 64.15$
$r_{10} = 40$	$d_{10} = 85$			
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 18$		$n_4 = 1.51633$	$\gamma_4 = 64.15$
$r_{12} = -75$	$d_{12} = 20$			
$r_{13} = -$	$d_{13} = -$	(液晶表示素子面)		

【0032】上記において、 r_i は光源側からi番目のレンズ面の曲率半径であって、曲率中心が液晶表示素子側にあるとき正、光源側に有るときを負としている。 d_i は同じくi番目のレンズ面とこれと隣わる(i+1)番目レンズ面との間の光軸上での距離を表す。 n_i 、 γ_i はそれぞれ光源側からi番目のレンズの屈折率、アッベ数である。

【0033】また、第1面は光源面であり、本変形例では150wのメタルハライドランプを用いた。第2面は凹面鏡面であり、焦点距離11mm、有効径80mmの放物形状のものを用いた。第7、8面は偏光合成素子面であり、10mm×10mmの偏光ビームスプリッター及び、10mm×10mmの直角プリズムである。第13面は液晶表示素子面であり、3インチ(61mm×46mm)のTFT液晶表示素子を用いた。

【0034】光源1は凹面鏡2の焦点位置に配置されているので、光源1から射出する光線は平行光束となり、集束レンズ系3に入射し、集束レンズ系3の正のパワーを有するレンズにより集束され、負のパワーを有するレ※

$r_1 = -$	$d_1 = -11$	(光源面)		
$r_2 = -$	$d_2 = 60$	(凹面鏡面)		
$r_3 = 60$	$d_3 = 20$		$n_1 = 1.51633$	$\gamma_1 = 64.15$
$r_4 = \infty$	$d_4 = 75$			
$r_5 = -24$	$d_5 = 5$		$n_2 = 1.51633$	$\gamma_2 = 64.15$
$r_6 = 24$	$d_6 = 15$			

*全て、言い替えば、P偏光光とS偏光光の両偏光光を有効に利用することができるので、光の利用効率が大幅に改善される。

【0030】次に、以上説明した図1の実施例に対する変形例について以下説明する。図3は図1の実施例に対する第1の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。図3において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0031】以下、本変形例における具体的な数値例をあげる。

$r_1 = -$	$d_1 = -11$	(光源面)		
$r_2 = -$	$d_2 = 60$	(凹面鏡面)		
$r_3 = 60$	$d_3 = 20$		$n_1 = 1.51633$	$\gamma_1 = 64.15$
$r_4 = \infty$	$d_4 = 75$			
$r_5 = -24$	$d_5 = 5$		$n_2 = 1.51633$	$\gamma_2 = 64.15$
$r_6 = 24$	$d_6 = 15$			
$r_7 = -$	$d_7 = 10$	(偏光合成素子入射面)		
$r_8 = -$	$d_8 = 15$	(偏光合成素子出射面)		
$r_9 = -40$	$d_9 = 5$		$n_3 = 1.51633$	$\gamma_3 = 64.15$
$r_{10} = 40$	$d_{10} = 85$			
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 18$		$n_4 = 1.51633$	$\gamma_4 = 64.15$
$r_{12} = -75$	$d_{12} = 20$			
$r_{13} = -$	$d_{13} = -$	(液晶表示素子面)		

※レンズにより平行光束となる。この時、凹面鏡2から射出する光束はφ80mmであり、集束レンズ系3の正のパワーを有するレンズによりφ15mmまで絞られ、さらに、負のパワーを有するレンズにより平行光束となり、偏光合成素子4に入射する。偏光合成素子4射出後の光束は発散レンズ系5の負のパワーを有するレンズによりφ80mmまで発散され、正のパワーを有するレンズにより平行光束となり、液晶表示素子6に入射する。このとき、偏光合成素子4を射出する光線はすべてP偏光光であり、すべて液晶表示素子6の偏光板を通過するので、光の利用効率が大幅に改善できる。

【0035】図4は図1の実施例に対する第2の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。

図4において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0036】以下、本変形例における具体的な数値例をあげる。

11

$r_7 = -$	$d_7 = 10$	(偏光合成素子入射面)
$r_8 = -$	$d_8 = 15$	(偏光合成素子出射面)
$r_9 = 25$	$d_9 = 5$	$n_3 = 1.51633$
$r_{10} = -25$	$d_{10} = 90$	$\gamma_3 = 64.15$
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 20$	$n_4 = 1.51633$
$r_{12} = -55$	$d_{12} = 20$	$\gamma_4 = 64.15$
$r_{13} = -$	$d_{13} = -$	(液晶表示素子面)

【0037】上記において、 r_i は光源側から*i*番目のレンズ面の曲率半径であって、曲率中心が液晶表示素子側にあるとき正、光源側に有るときを負としている。 d_i は同じく*i*番目のレンズ面とこれと隣わる(*i*+1)番目レンズ面との間の光軸上での距離を表す。 n_j 、 γ_j はそれぞれ光源側から*j*番目のレンズの屈折率、アッペ数である。

【0038】また、第1面は光源面であり、本変形例では150wのメタルハライドランプを用いた。第2面は凹面鏡面であり、焦点距離11mm、有効径80mmの放物形状のものを用いた。第7、8面は偏光合成素子面であり、10mm×10mmの偏光ビームスプリッター及び、10mm×10mmの直角プリズムである。第13面は液晶表示素子面であり、3インチ(61mm×46mm)のTFT液晶表示素子を用いた。

【0039】本変形例では、集束レンズ系3を1枚の正のパワーを有するレンズと1枚の負のパワーを有するレンズにより構成しており、発散レンズ系5を2枚の正のパワーを有するレンズにより構成している。

【0040】光源1は凹面鏡2の焦点位置に配置されており、光源1からの白色光は平行光束となり、集束レン

$r_1 = -$	$d_1 = -11$	(光源面)
$r_2 = -$	$d_2 = 60$	(凹面鏡面)
$r_3 = 55$	$d_3 = 24$	$n_1 = 1.51633$
$r_4 = \infty$	$d_4 = 95$	$\gamma_1 = 64.15$
$r_5 = 15$	$d_5 = 5$	$n_2 = 1.51633$
$r_6 = -15$	$d_6 = 15$	$\gamma_2 = 64.15$
$r_7 = -$	$d_7 = 10$	(偏光合成素子入射面)
$r_8 = -$	$d_8 = 15$	(偏光合成素子出射面)
$r_9 = -40$	$d_9 = 5$	$n_3 = 1.51633$
$r_{10} = 40$	$d_{10} = 85$	$\gamma_3 = 64.15$
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 20$	$n_4 = 1.51633$
$r_{12} = -75$	$d_{12} = 20$	$\gamma_4 = 64.15$
$r_{13} = -$	$d_{13} = -$	(液晶表示素子面)

【0044】上記において、 r_i は光源側から*i*番目のレンズ面の曲率半径であって、曲率中心が液晶表示素子側にあるとき正、光源側に有るときを負としている。 d_i は同じく*i*番目のレンズ面とこれと隣わる(*i*+1)番目レンズ面との間の光軸上での距離を表す。 n_j 、 γ_j はそれぞれ光源側から*j*番目のレンズの屈折率、アッペ数である。

【0045】また、第1面は光源面であり、本変形例では150wのメタルハライドランプを用いた。第2面は

12

(液晶表示素子面)

*ズ系3に入射する。集束レンズ系3に入射する光線は正のパワーを有するレンズにより集光され、負のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となり、偏光合成素子4に入射する。

【0041】この平行光束は偏光合成素子4により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は発散レンズ系5に入射する。ここで、発散レンズ系5の2枚の正のパワーを有するレンズは、光源側にある正のパワーを有するレンズの液晶表示素子側の焦点位置と、液晶表示素子側にある正のパワーを有するレンズの光源側の焦点位置とが一致するように配置されているので、発散レンズ系5に入射した光線は平行光束となって、液晶表示素子6に入射する。

【0042】図5は図1の実施例に対する第3の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。図5において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0043】以下、本変形例における具体的な数値例をあげる。

$r_1 = -$	$d_1 = -11$	(光源面)
$r_2 = -$	$d_2 = 60$	(凹面鏡面)
$r_3 = 55$	$d_3 = 24$	$n_1 = 1.51633$
$r_4 = \infty$	$d_4 = 95$	$\gamma_1 = 64.15$
$r_5 = 15$	$d_5 = 5$	$n_2 = 1.51633$
$r_6 = -15$	$d_6 = 15$	$\gamma_2 = 64.15$
$r_7 = -$	$d_7 = 10$	(偏光合成素子入射面)
$r_8 = -$	$d_8 = 15$	(偏光合成素子出射面)
$r_9 = -40$	$d_9 = 5$	$n_3 = 1.51633$
$r_{10} = 40$	$d_{10} = 85$	$\gamma_3 = 64.15$
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 20$	$n_4 = 1.51633$
$r_{12} = -75$	$d_{12} = 20$	$\gamma_4 = 64.15$
$r_{13} = -$	$d_{13} = -$	(液晶表示素子面)

凹面鏡面であり、焦点距離11mm、有効径80mmの放物形状のものを用いた。第7、8面は偏光合成素子面であり、10mm×10mmの偏光ビームスプリッター及び、10mm×10mmの直角プリズムである。第13面は液晶表示素子面であり、3インチ(61mm×46mm)のTFT液晶表示素子を用いた。

【0046】本変形例では、集束レンズ系3を2枚の正のパワーを有するレンズにより構成しており、発散レンズ系5を1枚の負のパワーを有するレンズと1枚の正の

パワーを有するレンズにより構成している。

【0047】光源1は凹面鏡2の焦点位置に配置されており、光源1からの白色光は平行光束となり、集束レンズ系3に入射する。ここで、集束レンズ系3の2枚の正のパワーを有するレンズは、光源側にある正のパワーを有するレンズの液晶素子側の焦点位置と、液晶表示素子側にある正のパワーを有するレンズの光源側の焦点位置とが一致するように配置されているので、集束レンズ系3に入射した光束は平行光束となって、偏光合成素子4に入射する。

【0048】この平行光束は偏光合成素子4により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変*

$r_1 = -$	$d_1 = -11$
$r_2 = -$	$d_2 = 60$
$r_3 = 55$	$d_3 = 24$
$r_4 = \infty$	$d_4 = 95$
$r_5 = 15$	$d_5 = 5$
$r_6 = -15$	$d_6 = 15$
$r_7 = -$	$d_7 = 10$
$r_8 = -$	$d_8 = 15$
$r_9 = 25$	$d_9 = 5$
$r_{10} = -25$	$d_{10} = 90$
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 20$
$r_{12} = -55$	$d_{12} = 20$
$r_{13} = -$	$d_{13} = -$

【0051】上記において、 r_i は光源側からi番目のレンズ面の曲率半径であって、曲率中心が液晶表示素子側にあるとき正、光源側に有るときを負としている。 d_i は同じくi番目のレンズ面とこれと隣わる(i+1)番目レンズ面との間の光軸上での距離を表す。 n_j 、 γ_j はそれぞれ光源側からj番目のレンズの屈折率、アッペ数である。

【0052】また、第1面は光源面であり、本変形例では150wのメタルハライドランプを用いた。第2面は凹面鏡面であり、焦点距離11mm、有効径80mmの放物形状のものを用いた。第7、8面は偏光合成素子段面であり、10mm×10mmの偏光ビームスプリッター及び、10mm×10mmの直角プリズムである。第13面は液晶表示素子面であり、3インチ(61mm×46mm)のTFT液晶表示素子を用いた。

【0053】本変形例では、集束レンズ系3を2枚の正のパワーを有するレンズにより構成しており、発散レンズ系5を2枚の2枚の正のパワーを有するレンズにより構成している。

【0054】光源1は凹面鏡2の焦点位置に配置されており、光源1からの白色光は平行光束となり、集束レンズ系3に入射する。ここで、集束レンズ系3の2枚の正*

$r_1 = -$	$d_1 = -11$
$r_2 = -$	$d_2 = 100$
$r_3 = 17$	$d_3 = 10$

* 換されたS偏光光は発散レンズ系5に入射する。発散レンズ系5に入射した光線は、発散レンズ系5の中の負のパワーを有するレンズで発散され、正のパワーを有するレンズにより平行光束となり、液晶表示素子6に入射する。

【0049】図6は図1の実施例に対する第4の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。

図6において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

10 付し、その詳細説明は省略する。

【0050】以下、本変形例における具体的な数値例をあげる。

(光源面)	
(凹面鏡面)	
$n_1 = 1.51633$	$\gamma_1 = 64.15$
$n_2 = 1.51633$	$\gamma_2 = 64.15$
(偏光合成素子入射面)	
(偏光合成素子出射面)	
$n_3 = 1.51633$	$\gamma_3 = 64.15$
$n_4 = 1.51633$	$\gamma_4 = 64.15$
(液晶表示素子面)	

※のパワーを有するレンズは、光源側にある正のパワーを有するレンズの液晶素子側の焦点位置と、液晶素子側にある正のパワーを有するレンズの光源側の焦点位置とが一致するように配置されているので、集束レンズ系3に入射した光束は平行光束となって、偏光合成素子4に入射する。

【0055】この平行光束は偏光合成素子4により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は発散レンズ系5に入射する。ここで、発散レンズ系5の2枚の正のパワーを有するレンズは、光源側にある正のパワーを有するレンズの液晶表示素子側の焦点位置と、液晶表示素子側にある正のパワーを有するレンズの光源側の焦点位置とが一致するように配置されているので、発散レンズ系5に入射した光線は平行光束となって、液晶表示素子6に入射する。

【0056】図7は図1の実施例に対する第5の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。図7において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0057】以下、本変形例における具体的な数値例をあげる。

(光源面)	
(凹面鏡面)	
$n_1 = 1.51633$	$\gamma_1 = 64.15$

15

$r_4 = -17$	$d_4 = 15$
$r_5 = -$	$d_5 = 10$
$r_6 = -$	$d_6 = 15$
$r_7 = -30$	$d_7 = 5$
$r_8 = 30$	$d_8 = 85$
$r_9 = \infty$	$d_9 = 18$
$r_{10} = -75$	$d_{10} = 20$
$r_{11} = -$	$d_{11} = -$

【0058】上記において、 r_i は光源側から*i*番目のレンズ面の曲率半径であって、曲率中心が液晶表示素子側にあるとき正、光源側に有るときを負としている。 d_i は同じく*i*番目のレンズ面とこれと隣わる(*i*+1)番目レンズ面との間の光軸上での距離を表す。 n_j 、 γ_j はそれぞれ光源側から*j*番目のレンズの屈折率、アッペ数である。

【0059】また、第1面は光源面であり、本変形例では150wのメタルハライドランプを用いた。第2面は凹面鏡面であり、焦点距離37mm、離心率0.74、有効径66mmの楕円形状のものを用いた。第7、8面は偏光合成素子面であり、10mm×10mmの偏光ビームスプリッター及び、10mm×10mmの直角プリズムである。第13面は液晶表示素子面であり、3インチ(61mm×46mm)のTFT液晶表示素子を用いた。

【0060】本変形例では、集束レンズ系3を1枚の正のパワーを有するレンズにより構成しており、発散レンズ系5を1枚の負のパワーを有するレンズと1枚の正のパワーを有するレンズにより構成している。

【0061】光源1は凹面鏡2の第1焦点位置(液晶表示素子6とは反対側の焦点位置)に配置されており、光源1からの白色光は凹面鏡2の第2焦点位置(液晶表示

$r_1 = -$	$d_1 = -11$
$r_2 = -$	$d_2 = 100$
$r_3 = 17$	$d_3 = 10$
$r_4 = -17$	$d_4 = 15$
$r_5 = -$	$d_5 = 10$
$r_6 = -$	$d_6 = 15$
$r_7 = -30$	$d_7 = 5$
$r_8 = 30$	$d_8 = 85$
$r_9 = \infty$	$d_9 = 18$
$r_{10} = -75$	$d_{10} = 20$
$r_{11} = -$	$d_{11} = -$

【0065】上記において、 r_i は光源側から*i*番目のレンズ面の曲率半径であって、曲率中心が液晶表示素子側にあるとき正、光源側に有るときを負としている。 d_i は同じく*i*番目のレンズ面とこれと隣わる(*i*+1)番目レンズ面との間の光軸上での距離を表す。 n_j 、 γ_j はそれぞれ光源側から*j*番目のレンズの屈折率、アッペ数である。

【0066】また、第1面は光源面であり、本変形例では150wのメタルハライドランプを用いた。第2面は

16

(偏光合成素子入射面)

(偏光合成素子射面)

$$n_2 = 1.51633 \quad \gamma_2 = 64.15$$

$$n_3 = 1.51633 \quad \gamma_3 = 64.15$$

(液晶表示素子面)

*素子6側の焦点位置)に一旦焦点をむすんだ後、集束レンズ系3に入射する。ここで、集束レンズ系3の1枚の正のパワーを有するレンズは、凹面鏡2の第2焦点位置(液晶表示素子6側の焦点位置)と正のパワーを有するレンズの焦点位置とが一致するように配置されているので、集束レンズ系3に入射した光束は平行光束となつて、偏光合成素子4に入射する。

【0062】この平行光束は偏光合成素子4により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は発散レンズ系5に入射する。発散レンズ系5に入射した光線は、発散レンズ系5の中の負のパワーを有するレンズで発散され、正のパワーを有するレンズにより平行光束となり、液晶表示素子6に入射する。

【0063】図8は図1の実施例に対する第6の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。図8において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0064】以下、本変形例における具体的な数値例をあげる。

(光源面)

(凹面鏡面)

$$n_1 = 1.51633 \quad \gamma_1 = 64.15$$

(偏光合成素子入射面)

(偏光合成素子出射面)

$$n_2 = 1.51633 \quad \gamma_2 = 64.15$$

$$n_3 = 1.51633 \quad \gamma_3 = 64.15$$

(液晶表示素子面)

凹面鏡面であり、焦点距離37mm、離心率0.74、有効径66mmの楕円形状のものを用いた。第7、8面は偏光合成素子面であり、10mm×10mmの偏光ビームスプリッター及び、10mm×10mmの直角プリズムである。第13面は液晶表示素子面であり、3インチ(61mm×46mm)のTFT液晶表示素子を用いた。

【0067】本変形例では、集束レンズ系3を1枚の正のパワーを有するレンズにより構成しており、発散レンズ系5を2枚の正のパワーを有するレンズにより構成し

ている。

【0068】光源1は凹面鏡2の第1焦点位置（液晶表示素子6とは反対側の焦点位置）に配置されており、光源1からの白色光は凹面鏡2の第2焦点位置（液晶表示素子6側の焦点位置）に一旦焦点をむすんだ後、集束レンズ系3に入射する。ここで、集束レンズ系3の1枚の正のパワーを有するレンズは、凹面鏡2の第2焦点位置（液晶表示素子6側の焦点位置）と正のパワーを有するレンズの焦点位置とが一致するように配置されているので、集束レンズ系3に入射した光線は平行光束となつて、偏光合成素子4に入射する。

【0069】この平行光束は偏光合成素子4により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は発散レンズ系5に入射する。ここ *

$r_1 = -$	$d_1 = -11$
$r_2 = -$	$d_2 = 74$
$r_3 = -14$	$d_3 = 5$
$r_4 = 14$	$d_4 = 15$
$r_5 = -$	$d_5 = 10$
$r_6 = -$	$d_6 = 15$
$r_7 = -30$	$d_7 = 5$
$r_8 = 30$	$d_8 = 85$
$r_9 = \infty$	$d_9 = 18$
$r_{10} = -75$	$d_{10} = 20$
$r_{11} = -$	$d_{11} = -$

【0072】上記において、 r_i は光源側からi番目のレンズ面の曲率半径であって、曲率中心が液晶表示素子側にあるとき正、光源側に有るときを負としている。 d_i は同じくi番目のレンズ面とこれと隣わる(i+1)番目レンズ面との間の光軸上での距離を表す。 n_i 、 γ_i はそれぞれ光源側からj番目のレンズの屈折率、アッペ数である。

【0073】また、第1面は光源面であり、本変形例では150wのメタルハライドランプを用いた。第2面は凹面鏡面であり、焦点距離37mm、離心率0.74、有効径66mmの楕円形状のものを用いた。第7、8面は偏光合成素子面であり、10mm×10mmの偏光ビームスプリッター及び、10mm×10mmの直角プリズムである。第13面は液晶表示素子面であり、3インチ(61mm×46mm)のTFT液晶表示素子を用いた。

【0074】本変形例では、集束レンズ系3を1枚の負のパワーを有するレンズにより構成しており、発散レンズ系5を1枚の負のパワーを有するレンズと1枚の正のパワーを有するレンズにより構成している。*

$r_1 = -$	$d_1 = -11$
$r_2 = -$	$d_2 = 74$
$r_3 = -14$	$d_3 = 5$
$r_4 = 14$	$d_4 = 15$
$r_5 = -$	$d_5 = 10$
$r_6 = -$	$d_6 = 15$

※で、発散レンズ系5の2枚の正のパワーを有するレンズは、光源側にある正のパワーを有するレンズの液晶表示素子側の焦点位置と、液晶表示素子側にある正のパワーを有するレンズの光源側の焦点位置とが一致するように配置されているので、発散レンズ系5に入射した光線は平行光束となって、液晶表示素子6に入射する。

【0070】図9は図1の実施例に対する第7の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。

10 図9において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0071】以下、本変形例における具体的な数値例をあげる。

(光源面)	
(凹面鏡面)	
$n_1 = 1.51633$	$\gamma_1 = 64.15$
(偏光合成素子入射面)	
(偏光合成素子出射面)	
$n_2 = 1.51633$	$\gamma_2 = 64.15$
$n_3 = 1.51633$	$\gamma_3 = 64.15$
(液晶表示素子面)	

※【0075】光源1からの白色光は凹面鏡2反射後、集束レンズ系3に入射し、集束レンズ系3の負のパワーを有するレンズにより平行光束となり、偏光合成素子4に入射する。

30 【0076】この平行光束は偏光合成素子4により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は発散レンズ系5に入射する。発散レンズ系5に入射した光線は、発散レンズ系5の中の負のパワーを有するレンズで発散され、正のパワーを有するレンズにより平行光束となり、液晶表示素子6に入射する。

40 【0077】図10は図1の実施例に対する第8の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。図10において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0078】以下、本変形例における具体的な数値例をあげる。

(光源面)	
(凹面鏡面)	
$n_1 = 1.51633$	$\gamma_1 = 64.15$
(偏光合成素子入射面)	
(偏光合成素子出射面)	

$$\begin{array}{ll}
 19 & \\
 r_7 = 25 & d_7 = 5 \\
 r_8 = -25 & d_8 = 90 \\
 r_9 = \infty & d_9 = 20 \\
 r_{10} = -55 & d_{10} = 20 \\
 r_{11} = - & d_{11} = -
 \end{array}$$

【0079】上記において、 r_i は光源側から*i*番目のレンズ面の曲率半径であって、曲率中心が液晶表示素子側にあるとき正、光源側に有るときを負としている。 d_i は同じく*i*番目のレンズ面とこれと隣わる(*i*+1)番目レンズ面との間の光軸上での距離を表す。 n_i 、 γ_i はそれぞれ光源側から*i*番目のレンズの屈折率、アッペ

数である。
【0080】また、第1面は光源面であり、本変形例では150wのメタルハライドランプを用いた。第2面は凹面鏡面であり、焦点距離37mm、離心率0.74、有効径6.6mmの楕円形状のものを用いた。第7、8面は偏光合成素子面であり、10mm×10mmの偏光ビームスプリッター及び、10mm×10mmの直角プリズムである。第13面は液晶表示素子面であり、3インチ(61mm×46mm)のTFT液晶素子を用いた。

【0081】本変形例では、集束レンズ系3を1枚の負のパワーを有するレンズにより構成しており、発散レンズ系5を2枚の正のパワーを有するレンズにより構成している。

【0082】光源1からの白色光は凹面鏡2反射後、集束レンズ系3に入射し、集束レンズ系3の負のパワーを有するレンズにより平行光束となり、偏光合成素子4に入射する。

【0083】この平行光束は偏光合成素子4により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は発散レンズ系5に入射する。ここで、発散レンズ系5の2枚の正のパワーを有するレンズは、光源側にある正のパワーを有するレンズの液晶表示素子側の焦点位置と、液晶表示素子側にある正のパワーを有するレンズの光源側の焦点位置とが一致するように配置されているので、発散レンズ系5に入射した光線は平行光束となって、液晶表示素子6に入射する。

【0084】以上述べた各変形例では、約1.7倍から約1.9倍、液晶表示素子通過後の照度が向上した。なお、前記集束レンズ系3のレンズに非球面レンズを用い

ればレンズ枚数の削減及び輝度むら等の性能が著しく改善される。
【0085】ところで、以上説明した図1の実施例及びそれに対する各変形例では、すべて、液晶表示素子を1枚のみしか用いていないが、いわゆる色の3原色(R、G、B)に対応する3枚の液晶表示素子を用いることもできる。そこで、図1の実施例に対する応用例として、その様な3枚の液晶表示素子を用いた液晶表示装置について図11を用いて説明する。

【0086】図11は図1の実施例に対する一応用例の

$$n_2 = 1.51633$$

$$\gamma_2 = 64.15$$

$$n_3 = 1.51633$$

$$\gamma_3 = 64.15$$

(液晶表示素子面)

概略を示す構成図である。図11において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。その他、33は全反射ミラー、34はBG反射ダイクロイックミラー、35、36はB反射ダイクロイックミラー、37はG反射ダイクロイックミラーである。

【0087】光源1から出射する白色光は凹面鏡2を反射し、集束レンズ系3に入射する。本応用例では、集束レンズ系3を1枚の正のパワーを有するレンズと1枚の負のパワーを有するレンズにより構成しており、集束レンズ系3に入射した光線は該集束レンズ系3の正のパワーを有するレンズにより集束され、負のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となり、偏光合成素子4に入射する。

【0088】偏光合成素子4に入射した光束は偏光ビームスプリッターと直角プリズムによりS偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は発散レンズ系5に入射する。本応用例では、発散レンズ系5を1枚の負のパワーを有するレンズと1枚の正のパワーを有するレンズにより構成しており、発散レンズ系5に入射した光線は負のパワーを有するレンズにより発散され、正のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となって出射する。

【0089】該発散レンズ系5を出射した光線は、該光線の光軸に対して45°の角度に配置された全反射ミラー33によりその進路を90°折り曲げられて、該光線の光軸に対して45°の角度に配置されたB(青)、G(緑)反射のBG反射ダイクロイックミラー34に入射し、B、Gは反射し、R(赤)は透過する。

【0090】BG反射ダイクロイックミラー34を反射したB、Gは、該光線の光軸に対して45°の角度に配置されたB反射のB反射ダイクロイックミラー35に入射し、BはB反射ダイクロイックミラー35を反射し、B用の液晶表示素子6に入射し、GはB反射ダイクロイックミラー35を透過し、G用の液晶表示素子6に入射する。一方、BG反射ダイクロイックミラー34を透過したRは、該光線の光軸に対して45°の角度に配置された全反射ミラー33によりその進路を90°折り曲げられて、R用の液晶表示素子6に入射する。

【0091】さらに、B用の液晶表示素子6を出射したBは、該光線の光軸に対して45°の角度に配置されたB反射のB反射ダイクロイックミラー36を反射し、該光線の光軸に対して45°の角度に配置されたG反射のG反射ダイクロイックミラー37を透過し、投写レンズ7に入射する。

【0092】G用の液晶表示素子6を出射したGは、該

10

20

30

40

50

光線の光軸に対して45°の角度に配置された全反射ミラー33を反射し、該光線の光軸に対して45°の角度に配置されたG反射のG反射ダイクロイックミラー37を反射し、投写レンズ7に入射する。R用の液晶表示素子6を出射したRは、B反射ダイクロイックミラー36を透過し、G反射ダイクロイックミラー37を透過し、投写レンズ7に入射する。

【0093】そして、前記R用、G用、B用の液晶表示素子6上に表示された画像は投写レンズ7により拡大され、その結果、スクリーン8上に拡大した画像を得る。ここで、各液晶表示素子6を出射し、投写レンズ7に入射するR、G、Bは、それぞれの光軸が一致しており、さらに、各液晶表示素子6から投写レンズ7までの距離が一致しているので、スクリーン8上にはR、G、Bの合成されたカラーの拡大画像が得られる。

【0094】次に、本発明の第2の実施例として、図1の実施例とは異なる偏光合成素子を用いた液晶表示装置について説明する。図12は本発明の第2の実施例としての液晶表示装置を示す構成図である。図12において、図1と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。その他、4'は偏光合成素子である。

【0095】以下、本実施例の動作について説明する。上記構成において、光源1は凹面鏡2（ここでは放物形状）の焦点位置近傍に配置されており、光源1からの白色光は凹面鏡2を反射してほぼ平行光束となり、集束レンズ系3に入射する。集束レンズ系3に入射した光線は該集束レンズ系3の正のパワーを有するレンズにより集束され、その横断面の面積が液晶表示素子6の表示面の面積の約1/4の大きさになったら、負のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となって、偏光合成素子4'に入射する。従って、集束レンズ系3を介することにより、光線は、平行光束の状態を保ったまま、その横断面の面積が液晶表示素子6の表示面の面積の約1/4の大きさになって、偏光合成素子4'に入射することになる。具体的に、本実施例では液晶表示素子6として1.7インチ相当のパネルを使用し、集束レンズ系3を介することにより光線をφ15mmまで絞っている。

【0096】偏光合成素子4'を出射した光線は液晶表示素子6に入射する。そして、液晶表示素子6上に表示された画像は、投写レンズ7により拡大され、その結果、スクリーン8上に拡大した画像が得られる。

【0097】また、レーザーディスク、VTR等（図示せず）から入力されたビデオ入力ビデオ・クロマ処理回路9により処理された後、RGB出力回路10に入力される。RGB出力回路10は、R、G、Bに対応する映像信号を、液晶表示素子6をAC駆動するため、垂直期間ごとに極性反転し、Xドライバ11を介して液晶表示素子6に入力する。なお、前記ビデオ・クロマ処理回路9、RGB出力回路10、Xドライバ11及びYドラ

イバ14は同期処理回路12、コントローラ13により同期がとられている。

【0098】次に、図13を用いて図12の偏光合成素子4'の構成及び動作について詳細に説明する。図13は図12の偏光合成素子を示す斜視図である。図13において、図2と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。その他、40はレンズ光軸が所定量偏芯した偏芯レンズ、41は偏光ビームスプリッター15の出射面、42は直角プリズム16の出射面である。

【0099】集束レンズ系3を出射し、偏光ビームスプリッター15（本実施例では15mm×15mm）に入射する光線17は、不定偏光光18であり、該不定偏光光18は前記偏光ビームスプリッター15によりP偏光光19とS偏光光20の2つの直線偏光光に分離される。

【0100】そのうち、P偏光光19は偏光ビームスプリッター15を透過してその出射面41を介してそのまま偏芯レンズ40に入射し、その偏芯レンズ40によって約2倍に拡大されて液晶表示素子6に入射する。

【0101】一方、S偏光光20は偏光ビームスプリッター15を反射して、互いに直交する光軸上に45度傾けた状態で反射面が配置されるように構成した2個の直角プリズム16に入射し、それら直角プリズム16によってその進路をそれぞれ90度折り曲げられながら2回の反射によりP偏光光21に変換されて、その出射面42を介して偏芯レンズ40に入射し、その偏芯レンズ40によって約2倍に拡大されて液晶表示素子6に入射する。

【0102】次に、図14を用いて図13の偏芯レンズ40の構成及び動作について説明する。図14は図13の偏光合成素子を液晶表示素子側から見て示した正面図である。図14において、43は液晶表示素子6の表示面（一点鎖線で示される領域）である。

【0103】偏芯レンズ40は、図13で示したように、偏光ビームスプリッター15の出射面41と直角プリズム16の出射面42にそれぞれ取り付けられている。ここで、偏光ビームスプリッター15の出射面41と直角プリズム16の出射面42の各々の面積は、図14に示すように、液晶表示素子6の表示面43の面積の約1/4に設定されており、さらに、偏光ビームスプリッター15の出射面41と直角プリズム16の出射面42の位置（光軸に垂直な方向の位置）は、液晶表示素子の表示面43の位置（光軸に垂直な方向の位置）に対し、図14に示すような位置関係となるように配置されている。

【0104】また、各偏芯レンズ40は、それぞれ、図14に示すように、点線で示された平凹レンズ44の一部を、各出射面41、42の偏芯量に合わせて切り取って得られたものである。

【0105】ここで、平凹レンズ44の直径は、前記出

射面41、42の対角をD（本実施例では21.2mm）とすると、2Dに設定されており、また、その焦点距離は、偏光合成素子4'と液晶表示素子6との間の距離に対し、その拡大倍率が約2倍になるように、設定されている。

【0106】従って、図14に示すように、偏光レンズ40によって、偏光ビームスプリッター15の出射面41の部分と直角プリズム16の出射面42の部分が、それぞれ、約2倍に拡大されると、液晶表示素子6の位置（光軸方向における位置）において、その拡大像は、それぞれ互いに一致すると共に、液晶表示素子6の表示面43とも一致することになる。

【0107】このため、偏光ビームスプリッター15の出射面41から偏芯レンズ40を介して出射したP偏光光19と、直角プリズム16の出射面42から偏芯レンズ40を介して出射したP偏光光21とは、それぞれ、液晶表示素子6の位置（光軸方向における位置）において、互いに一致して合成され、液晶表示素子6の表示面43に過不足なく入射する。

【0108】この様に、偏光ビームスプリッター15の出射面41及び直角プリズム16の出射面42からそれぞれ出射したP偏光光19、21を、偏芯レンズ40によって、約2倍に拡大して、液晶表示素子6の表示面43で合成させることにより、図1の実施例において用いられていた発散レンズ系5が省略でき、さらにコンパクトな液晶表示装置が得られる。

【0109】なお、仮に、偏光合成素子4'と液晶表示素子6との間の距離に対し、偏芯レンズ40の拡大倍率（すなわち、平凹レンズ44の拡大倍率）を前述の2倍よりも大きくすると、偏光ビームスプリッター15の出射面41の部分と直角プリズム16の出射面42の部分の拡大像が、液晶表示素子6の表示面43よりも大きくなり、光利用率が大幅に低下してしまう。逆に、拡大倍率を2倍よりも小さくすると、拡大像が液晶表示素子6の表示面43よりも小さくなり、輝度むらを生じてしまう。従って、上記のごとく、偏光合成素子4'と液晶表示素子6との間の距離に対し、偏芯レンズ40の拡大倍率を約2倍に設定することが本実施例において、非常に重要となる。

【0110】以上説明したように、従来は、光源からの不定偏光光のうち、P偏光光あるいはS偏光光のいずれか一方の直線偏光光のみしか利用されていなかったものが、本実施例においては、光源からの不定偏光光のはほぼ全て、言い替えれば、P偏光光とS偏光光の両偏光光を有効に利用することができるので、光の利用効率が大幅に改善される。本実施例では、約1.9倍、液晶表示素子通過後の照度が向上した。

【0111】また、本実施例によれば、偏光ビームスプリッターの出射面及び直角プリズムの出射面からそれぞれ出射したP偏光光を、偏芯レンズによって、約2倍に

拡大して、液晶表示素子の表示面で合成させることができるので、発散レンズ系を省略でき、さらにコンパクトな液晶表示装置が得られる。

【0112】また、光源からの光線を、集束レンズ系によって液晶表示素子の表示面の面積の約1/4に集束するので、偏光合成素子の各構成部品が小形化でき、コスト的にも有利となる。

【0113】さらに、また、図13に示したように、本実施例における偏光合成素子4'は、その各構成部品（偏光ビームスプリッター15、直角プリズム16、及び偏芯レンズ40）を相互に光学的接着により一体化することができ、これによって、偏光ビームスプリッター15に入射した光線が偏芯レンズ40から出射されるまで、外に洩れなくでき、光の利用効率が良く、コンパクトな偏光合成素子を実現できる。また、偏芯レンズ40については、図15に示すように、1枚の平凹レンズ44から4枚の偏芯レンズ40が作成できる点も有利である。

【0114】ところで、本実施例において、偏光合成素子4'と液晶表示素子6との間に、以下に述べるような補正レンズをさらに設けることにより、さらなる効果が期待できる。

【0115】図16は図12の偏光合成素子と液晶表示素子との間に設けられる補正レンズを示す構成図である。図16において、図12と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。その他、45は補正レンズである。図16に示すように、補正レンズ45は、正のパワーを有するレンズから成り、偏光合成素子4'と液晶表示素子6の間で、かつ液晶表示素子6の近傍側に設けられる。

【0116】従って、偏光合成素子4の偏芯レンズ40から出射して、発散された光線は、液晶表示素子6の寸前で、正のパワーを有する補正レンズ45により平行光束となり、液晶表示素子6に入射する。これにより、液晶表示素子特有の入射光線の角度依存によるコントラスト性能への影響を改善することができる。

【0117】次に、以上説明した図12の実施例に対する変形例について以下説明する。図17は図12の実施例に対する第1の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。図17において、図12と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。本変形例では、集束レンズ系3を2枚の正のパワーを有するレンズにより構成している。

【0118】光源1は凹面鏡2の焦点位置近傍に配置されており、光源1からの白色光は凹面鏡2を反射してほぼ平行光束となり、集束レンズ系3に入射する。集束レンズ系3に入射した光線は、光源側にある正のパワーを有するレンズにより該レンズの焦点付近で集束され、その後、その横断面の面積が液晶表示素子6の表示面の面

積の約1/4の大きさになったら、偏光合成素子側の正のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となって、偏光合成素子4'に入射する。そして、この平行光束は偏光合成素子4'により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は合成されて、液晶表示素子6に入射する。この様に、集束レンズ系3を2枚の正のパワーを有するレンズにより構成しても、図12における集束レンズ系3と同様の作用を得ることができる。

【0119】図18は図12の実施例に対する第2の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。図18において、図12と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。本変形例では、凹面鏡2を楕円形状（あるいは所謂マルチミラー）の凹面鏡により構成し、集束レンズ系3を1枚の正のパワーを有するレンズにより構成している。

【0120】光源1は凹面鏡2の中心に近い側の焦点位置（以後、前側楕円焦点と呼ぶ）の近傍に配置されており、光源1からの白色光は凹面鏡2を反射して凹面鏡2の集束レンズ系3に近い側の焦点位置（以後、後側楕円焦点と呼ぶ）の近傍に集束し、その後、その横断面の面積が液晶表示素子6の表示面の面積の約1/4の大きさになったら、集束レンズ系3に入射する。集束レンズ系3に入射した光線は、正のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となって、偏光合成素子4'に入射する。そして、この平行光束は偏光合成素子4'により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は合成されて、液晶表示素子6に入射する。

【0121】この様に、凹面鏡2を楕円形状の凹面鏡により構成し、集束レンズ系3を1枚の正のパワーを有するレンズにより構成しても、図12における集束レンズ系3と同様の作用を得ることができる。

【0122】図19は図12の実施例に対する第3の変形例の概略を示す構成図であり、特に光源1から液晶表示素子6までで構成される照明光学系の構成を示している。図19において、図12と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。本変形例では、凹面鏡2を楕円形状（あるいは所謂マルチミラー）の凹面鏡により構成し、集束レンズ系3を1枚の負のパワーを有するレンズにより構成している。

【0123】光源1は凹面鏡2の前側楕円焦点の近傍に配置されており、光源1からの白色光は凹面鏡2を反射して凹面鏡2の後側楕円焦点の近傍に集束し、その途中で、その横断面の面積が液晶表示素子6の表示面の面積の約1/4の大きさになったら、集束レンズ系3に入射する。集束レンズ系3に入射した光線は、負のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となって、偏光合成素子4'に入射する。そして、この平行光束は偏光合成素

子4'により、S偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は合成されて、液晶表示素子6に入射する。

【0124】この様に、凹面鏡2を楕円形状の凹面鏡により構成し、集束レンズ系3を1枚の負のパワーを有するレンズにより構成しても、図12における集束レンズ系3と同様の作用を得ることができる。

【0125】また、集束レンズ系3を上記以外のレンズ枚数（2枚以上）及び構成としても、図12における集束レンズ系3と同様の作用を得ることが可能であることは言うまでもない。さらに、集束レンズ系3のレンズに非球面レンズを用いればレンズ枚数の削減及び輝度むら等の性能が著しく改善される。

【0126】ところで、以上説明した図12の実施例及びそれに対する各変形例では、すべて、液晶表示素子を1枚のみしか用いていないが、いわゆる色の3原色（R、G、B）に対応する3枚の液晶表示素子を用いることもできる。そこで、図12の実施例に対する応用例として、その様な3枚の液晶表示素子を用いた液晶表示装置について図20を用いて説明する。

【0127】図20は図12の実施例に対する一応用例の概略を示す構成図である。図20において、図12、図16と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。その他、33は全反射ミラー、46はBR反射ダイクロイックミラー、47、48はR反射ダイクロイックミラー、49はRG反射ダイクロイックミラーである。

【0128】光源1は凹面鏡2（ここでは放物形状）の焦点位置近傍に配置されており、光源1からの白色光は凹面鏡2を反射してほぼ平行光束となり、集束レンズ系3に入射する。集束レンズ系3に入射した光線は該集束レンズ系3の正のパワーを有するレンズにより集束され、その横断面の面積が液晶表示素子6の表示面の面積の約1/4の大きさになったら、負のパワーを有するレンズによりほぼ平行光束となって、偏光合成素子4'に入射する。

【0129】偏光合成素子4'に入射した光束は、偏光ビームスプリッターによりS偏光光とP偏光光の2方向の直線偏光光に分離された後、2個の直角プリズムによりS偏光光はP偏光光に変換され、P偏光光とP偏光光に変換されたS偏光光は偏光ビームスプリッターと直角プリズムの出射面を介して偏芯レンズに入射し、偏芯レンズにより、約2倍に拡大されて各液晶表示素子6面上で合成されるように、偏光合成素子4'を出射する。

【0130】偏光合成素子4'を出射した光線は、該光線の光軸に対して45°の角度に配置された全反射ミラー33により、その進路を90°折り曲げられて、該光線の光軸に対して45°の角度に配置されたB（青）、R（赤）を反射するBR反射ダイクロイックミラー46に入射し、B、Rは反射し、G（緑）は透過する。

10

20

30

40

50

【0131】BR反射ダイクロイックミラー46を反射したB、Rは、該光線の光軸に対して45°の角度に配置されたRのみを反射するR反射ダイクロイックミラー47に入射し、RはR反射ダイクロイックミラー47を反射し、補正レンズ45を介してR用の液晶表示素子6に入射する。また、BはR反射ダイクロイックミラー47を透過し、補正レンズ45を介してB用の液晶表示素子6に入射する。

【0132】一方、前記BR反射ダイクロイックミラー46を透過したGは、該光線の光軸に対して45°の角度に配置された全反射ミラー33により、その進路を90°折り曲げられた後、補正レンズ45を介してG用の液晶表示素子6に入射する。こうして、R、G、Bそれぞれに対応する画像を別々に得る。

【0133】さらに、R用の液晶表示素子6を出射したRは、該光線の光軸に対して45°の角度に配置されたRを反射するR反射ダイクロイックミラー48を反射し、該光線の光軸に対して45°の角度に配置されたRとGを反射するRG反射ダイクロイックミラー49を反射し、投写レンズ7に入射する。

【0134】G用の液晶表示素子6を出射したGは、該光線の光軸に対して45°の角度に配置された前記R反射ミラー48を透過し、該光線の光軸に対して45°の角度に配置された前記RG反射ダイクロイックミラー49を反射し、前記Rと同様に投写レンズ7に入射する。

【0135】B用の液晶表示素子6を出射したBは、該光線の光軸に対して45°の角度に配置された全反射ミラー33により、その進路を90°折り曲げられて、さらに前記RG反射ダイクロイックミラー49を透過し、前記R、Gと同様に投写レンズ7に入射する。

【0136】そして、前記R用、G用、B用の液晶表示素子6上に表示される画像を投写レンズ7により拡大し、スクリーン8上に拡大した画像を得る。ここで、各液晶表示素子6を出射し、投写レンズ7を照射するR、G、Bはそれぞれの光軸が一致しており、さらに、各液晶表示素子から投写レンズ7までの距離が一致しているのでスクリーン8上にはR、G、Bが合成されたカラーの拡大画像が得られる。

【0137】また、本応用例においては、図12の実施例と同様に、光源1からの光束を集束レンズ系3によって、その横断面の面積が液晶表示素子6の表示面の面積の約1/4になるように、集束するので、偏光合成素子4'の各構成要素部品が小形にできる点に加えて、偏光合成素子4'の偏光レンズによって、偏光ビームスプリッターと直角プリズムの出射面の部分がそれぞれ拡大されても、その拡大像は液晶表示素子6の表示面と一致し、それより大きくならないことから、偏光合成素子4'と液晶表示素子6との間に設ける全反射ミラー33及びダイクロイックミラー46、47、48(所謂色分離光学系)の大きさを従来以上に大きくする必要が無い

点で有利となる。

【0138】なお、以上説明した各実施例等においては、液晶表示素子6の偏光板がP偏光光を通過させるものであったため、偏光合成素子4または4'においては、光源1からの不定偏光光を、偏光ビームスプリッターによりP偏光光とS偏光光に分離した後、2個の直角プリズムによりS偏光光をP偏光光に変換して、すべてP偏光光にして液晶表示素子6に入射させていたが、液晶表示素子6の偏光板がS偏光光を通過させるものである場合には、偏光合成素子4または4'において、2個の直角プリズムによりP偏光光をS偏光光に変換して、すべてS偏光光にして液晶表示素子6に入射させるようにすれば良いことは、言うまでもない。

【0139】ところで、以上説明した各実施例等においては、液晶表示素子6として、図21に示すような一般的な液晶表示素子を用いている。図21は一般的な液晶表示素子を示す斜視図である。

【0140】図21において、22は一对の透明基板で、一方の透明基板22の対向面側には透明の対向電極23が、また、他方の透明基板22の対向面側には透明の画素電極25がそれぞれ設けられており、この対をなす透明基板22、22間に液晶24が封入されている。26は上記他方の透明基板22に設けられた各電極の金属配線、個々の画素を個別に制御する手段として付加された非線形素子やスイッチング素子、画素電極の周囲のギャップなどで形成される表示に寄与しない部分(遮光部)である。27は各透明基板22、22の外側にそれぞれ設けた偏光板であり、図では該偏光板27と透明基板22間は離れて描いてあるが、密着した構成であっても差し支えない。

【0141】この様に、図21に示す液晶表示素子6には、表示に寄与しない部分(遮光部)26が存在するため、前述したように、この表示に寄与しない部分(遮光部)26が大きいと開口率は小さくなり、光の利用効率が悪くなるという問題が生じる。

【0142】そこで、本発明の第3の実施例として、かかる問題点を解決した実施例について、以下説明する。図22は本発明の第3の実施例として液晶表示装置において用いられる液晶表示素子を示す斜視図である。

【0143】図22において、図21と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。その他、6'は液晶表示素子、28は平板マイクロレンズアレイであり、本実施例の特徴であるところの屈折率分布型で実質上は図中の破線で示すような2次元配列のレンズアレイである。29は入射光線、30は出射光線である。

【0144】平板マイクロレンズアレイ28は液晶24に対して常に入射光線29側に設ける。すなわち、図の出射光線30が逆に入射光線になる場合は平板マイクロレンズアレイ28は図中の他方の透明基板22側に設け

ることになる。

【0145】次に、図23を用いて本実施例の特徴である構成要素の位置関係及び形状について説明する。図23は図22の液晶表示素子における各構成要素の位置関係を説明するために模式的に描いた平面図である。

【0146】図23において、図22と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。その他、31(斜線領域)は図22の液晶24中の1画素に対応した領域である。

【0147】この1画素に対応した領域31(斜線領域)内において、実線枠が表示に有効な(すなわち、光が透過する)画素電極25であり、それ以外が金属配線、スイッチング素子などの表示に寄与しない部分(遮光部)26である。そして、図中の点線枠がマイクロレンズアレィ28の個々のレンズ形状を示している。

【0148】本実施例の特徴は、図中に示すように、平板マイクロレンズアレィ28の個々のレンズ形状を液晶24中の1画素に対応した領域31の形状と同一形状及び同一配列になるようにした点である。

【0149】なお、本発明者は、この平板マイクロレンズアレィ28として、液晶の1画素に対応、すなわち正方形、矩形等の角形状で、かつ2元マトリクス状の埋め込み型3次元屈折率分布型レンズを、従来のイオン交換法技術を発展させ平板基板ガラスに選択的イオン交換を行うことにより、製作することが可能であることを見出した。

【0150】次に、図24を用いてこの平板マイクロレンズアレィ28の作用について説明する。図24は図22の液晶表示素子における主要断面を示す断面図である。図24において、32は平板マイクロレンズアレィ28の個々の屈折率分布領域(レンズ部)である。

【0151】この屈折率分布領域32は、図中に示すように平板マイクロレンズアレィ28中のどちら側に設けても良い。ただし、透明基板22側に設ける方がレンズの焦点距離を短くできるので製作技術の点で有利である。

【0152】さらに、この屈折率分布領域32を調整することによって、その焦点を液晶24の層の中あるいはその近傍で、かつ画素電極25の中央に来るように設定する。これにより、図示しない偏光板を通過してきた光軸に平行な入射光線29は平板マイクロレンズアレィ28によって集束されて、金属配線、スイッチング素子などの表示に寄与しない部分(遮光部)26を通らないので、従来の開口率に依存する光利用率の劣化が大幅に改善される。

【0153】次に、以上説明した図22の実施例に対する変形例について以下説明する。図25は図22の実施例に対する一変形例を示す斜視図である。図25において、図22と対応する構成要素には同一符号を付し、その詳細説明は省略する。本変形例では、平板マイクロレンズアレィ28を液晶24の片側の基板として代用して

いる。

【0154】前述したように、平板マイクロレンズアレィ28として屈折率分布型を用いることで、平板マイクロレンズアレィ28の外見は精度の良い平板となるので、基板として十分使用できる。また、平板マイクロレンズアレィ28の個々のレンズ形状は、図23で示したように、液晶24中の1画素に対応した領域の形状と同一形状及び同一配列となるようにし、かつ、平板マイクロレンズアレィの屈折率分布領域は、図24で示したように、そのどちら側に設けても良いことは、図22の実施例と同様である。

【0155】なお、図示していないが、平板マイクロレンズアレィ28からのアルカリイオンの溶出による液晶劣化を防ぐために、平板マイクロレンズアレィ28と液晶24の間に保護膜をアンダーコートする必要がある。

【0156】本変形例によれば、平板マイクロレンズアレィ28におけるレンズの後側主点から液晶24までの距離を大幅に短くすることができるので、入射光線の角度依存によるところの開口率上への影響がほとんど無くなる利点がある。

【0157】

【発明の効果】従来では、光源からの光のうち、液晶表示素子の偏光板により半分以上が吸収され、P偏光光あるいはS偏光光のいずれか一方の直線偏光光のみしか利用できなかったものが、本発明によれば、光源からの光を偏光変換することにより、ほぼすべてを、P偏光光あるいはS偏光光のいずれか一方の直線偏光光にして液晶表示素子に入射させることができるので、光源からの光のほぼすべて、言い替えば、P偏光光とS偏光光の両偏光光を有効に利用でき、光の利用効率を大幅に改善することができる。

【0158】また、本発明によれば、液晶表示素子の開口率を大きくできるので、光の有効利用率を大幅に改善できる。従って、以上により、画面の明るい液晶表示装置を実現することができる。また、本発明によれば、光源からの光を集束レンズ系によって一旦集光させるので、偏光合成素子の各構成部品を小形で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例としての液晶表示装置を示す構成図である。

【図2】図1の偏光合成素子を示す斜視図である。

【図3】図1の実施例に対する第1の変形例の概略を示す構成図である。

【図4】図1の実施例に対する第2の変形例の概略を示す構成図である。

【図5】図1の実施例に対する第3の変形例の概略を示す構成図である。

【図6】図1の実施例に対する第4の変形例の概略を示す構成図である。

【図7】図1の実施例に対する第5の変形例の概略を示す構成図である。

【図8】図1の実施例に対する第6の変形例の概略を示す構成図である。

【図9】図1の実施例に対する第7の変形例の概略を示す構成図である。

【図10】図1の実施例に対する第8の変形例の概略を示す構成図である。

【図11】図1の実施例に対する一応用例の概略を示す構成図である。

【図12】本発明の第2の実施例としての液晶表示装置を示す構成図である。

【図13】図12の偏光合成素子を示す斜視図である。

【図14】図13の偏光合成素子を液晶表示素子側から見て示した正面図である。

【図15】図13の偏光レンズの作成方法を説明するための説明図である。

【図16】図12の偏光合成素子と液晶表示素子との間に設けられる補正レンズを示す構成図である。

【図17】図12の実施例に対する第1の変形例の概略を示す構成図である。

【図18】図12の実施例に対する第2の変形例の概略を示す構成図である。

【図19】図12の実施例に対する第3の変形例の概略を示す構成図である。

【図20】図12の実施例に対する一応用例の概略を示す構成図である。

【図21】一般的な液晶表示素子を示す斜視図である。

【図22】本発明の第3の実施例として液晶表示装置に*

* おいて用いられる液晶表示素子を示す斜視図である。

【図23】図22の液晶表示素子における各構成要素の位置関係を説明するために模式的に描いた平面図である。

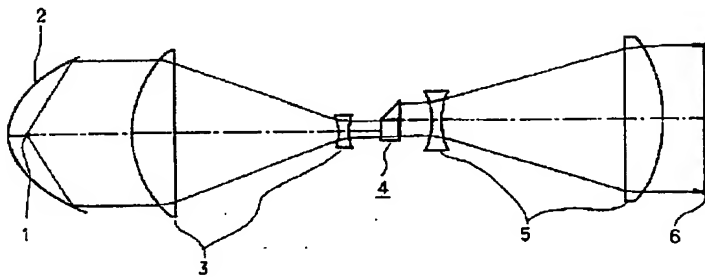
【図24】図22の液晶表示素子における主要断面を示す断面図である。

【図25】図22の実施例に対する一変形例を示す斜視図である。

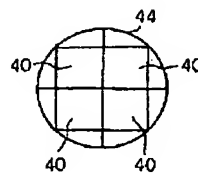
【符号の説明】

- 10 1…光源、2…凹面鏡、3…集束レンズ系、4、4'…偏光合成素子、5…発散レンズ系、6、6'…液晶表示素子、7…投写レンズ、8…スクリーン、9…ビデオクロマ処理回路、10…RGB出力回路、11…Xドライバ、12…同期処理回路、13…コントローラ、14…Yドライバ、15…偏光ビームスプリッター、16…直角プリズム、17…光線、18…不定偏光光、19、21…P偏光波、20…S偏光波、22…透明基板、23…対向電極、24…液晶、25…画素電極、26…遮光部、27…偏光板、28…平板マイクロレンズアレイ、29…入射光線、30…出射光線、31…1画素に相当する領域、32…屈折率分布領域、33…全反射ミラー、34…BG反射ダイクロイックミラー、35、36…B反射ダイクロイックミラー、37…G反射ダイクロイックミラー、40…偏光レンズ、41…偏光ビームスプリッター出射面、42…直角プリズム出射面、43…拡大像、44…平凹レンズ、45…補正レンズ、46…BR反射ダイクロイックミラー、47、48…R反射ダイクロイックミラー、49…RG反射ダイクロイックミラー。

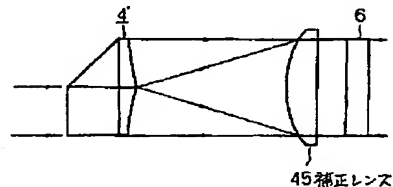
【図3】



【図15】

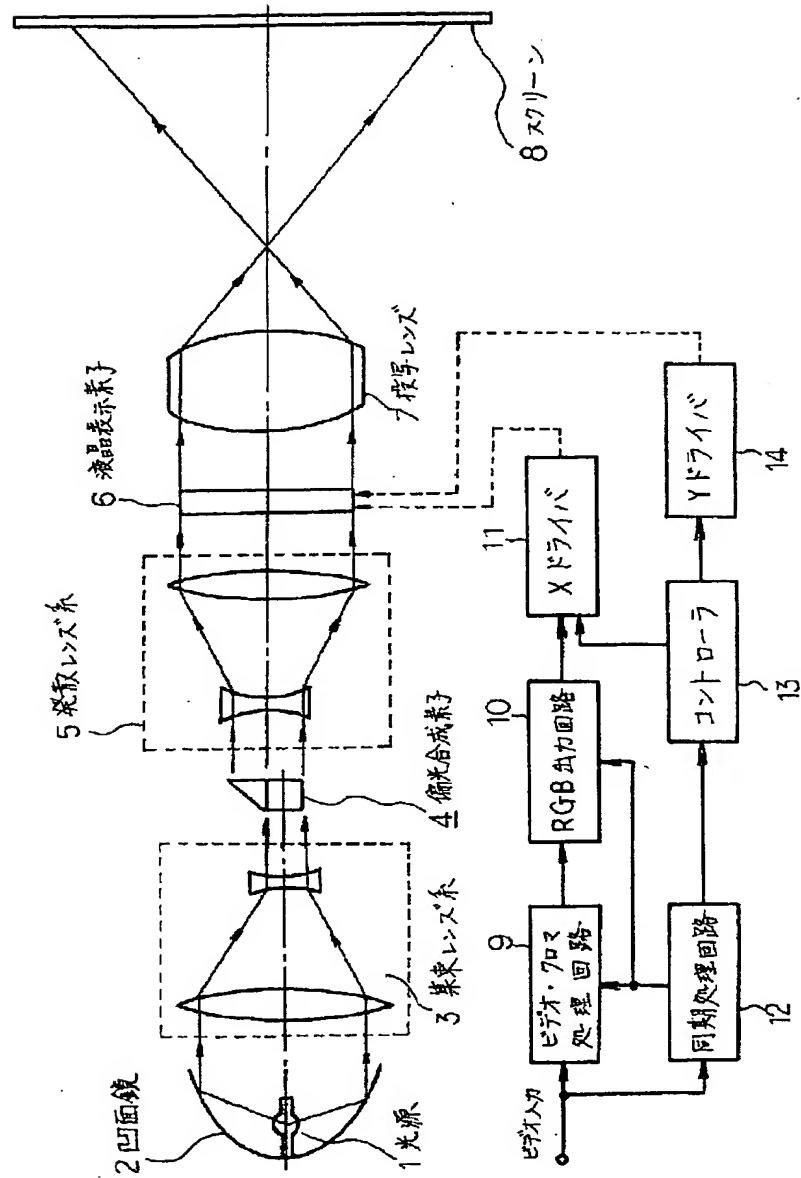


【図16】

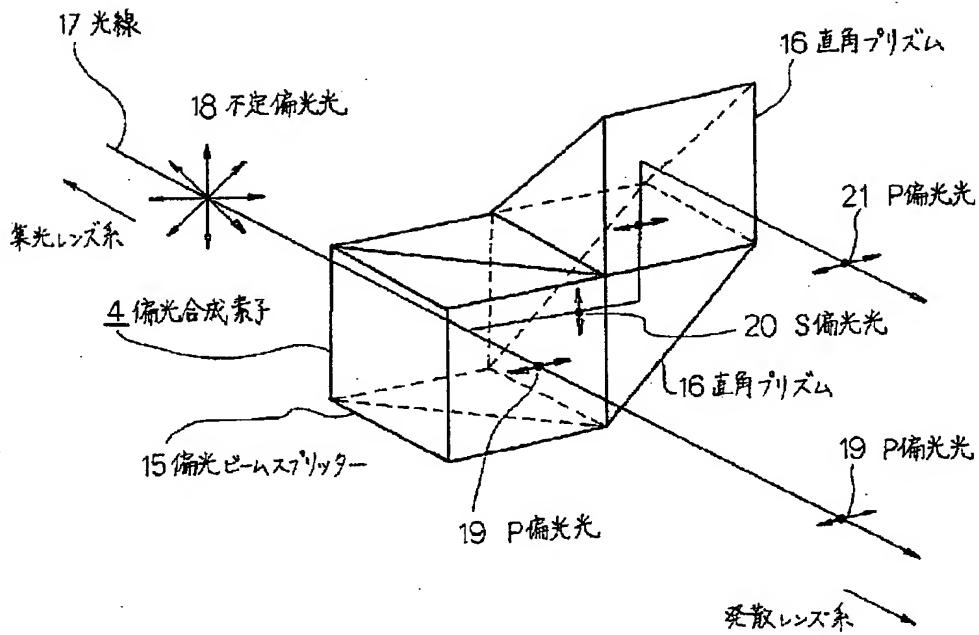


(18)

【図1】

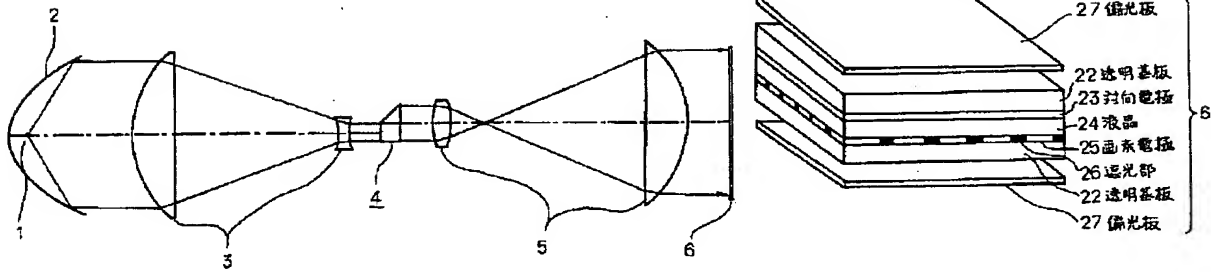


【図2】



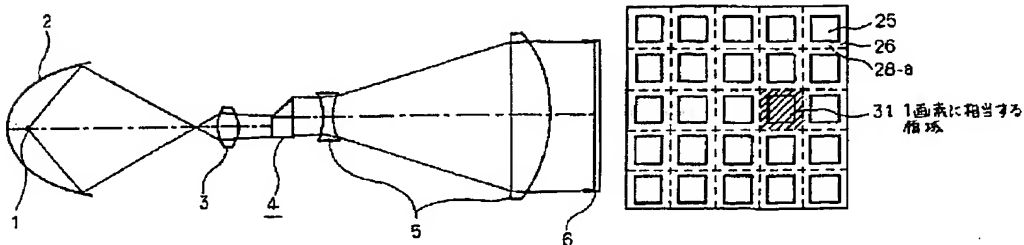
【図4】

【図21】

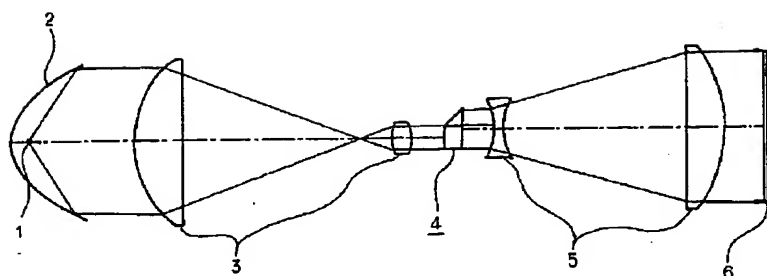


【図7】

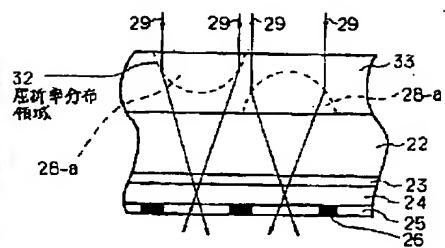
【図23】



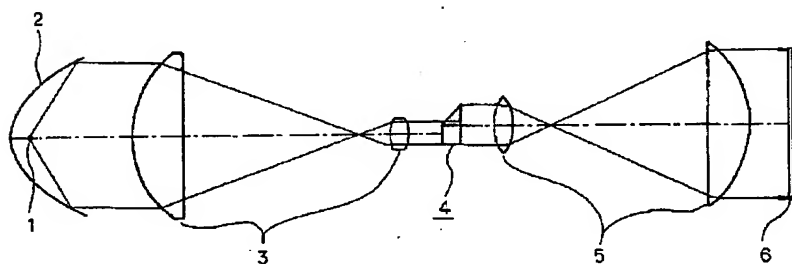
【図5】



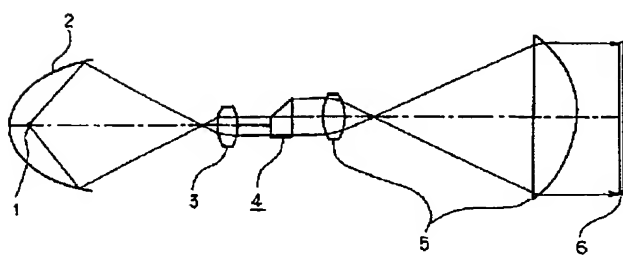
【図24】



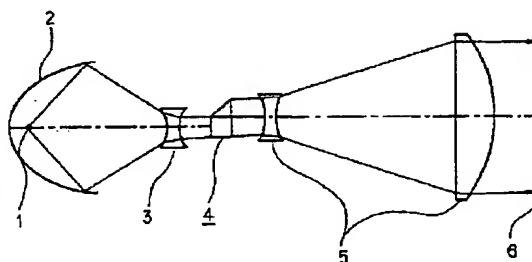
【図6】



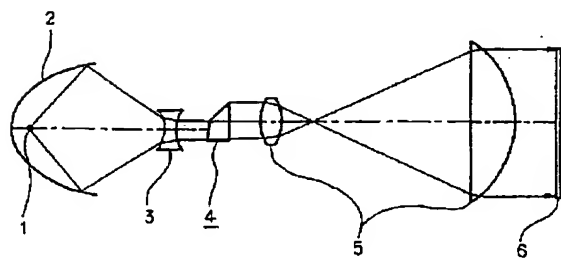
【図8】



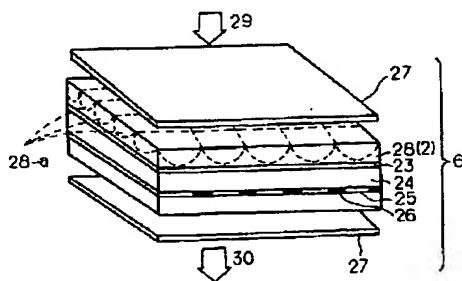
【図9】



【図10】

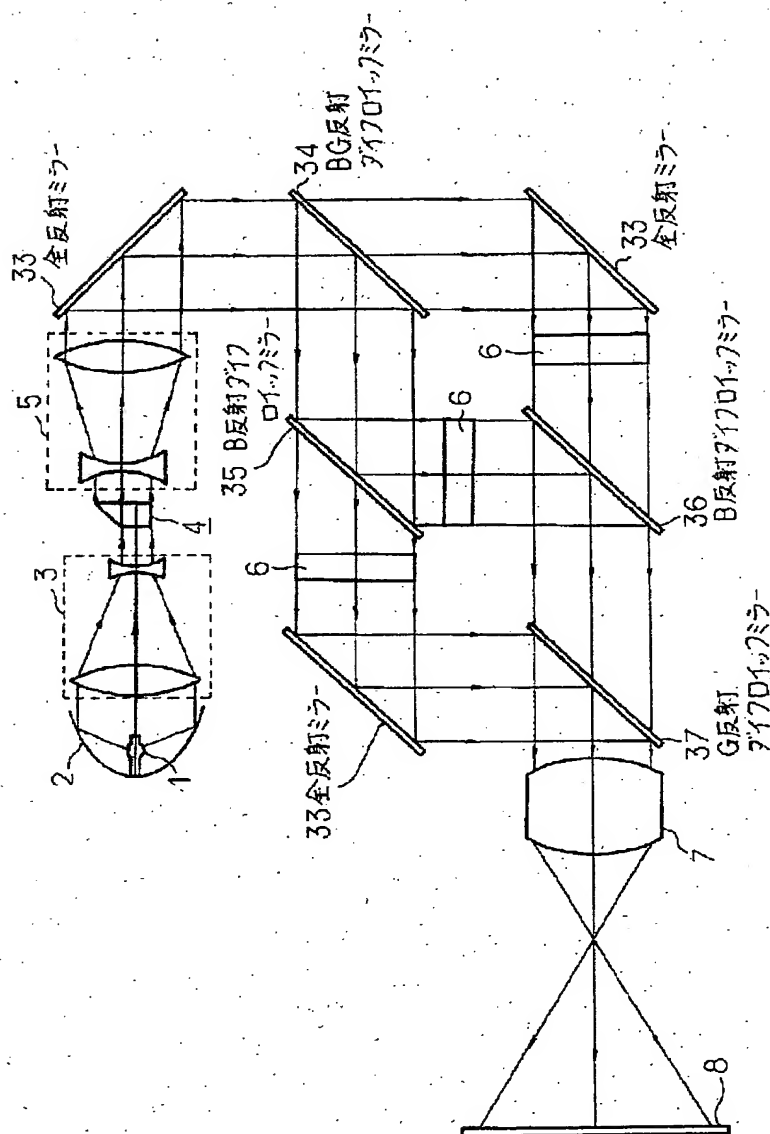


【図25】

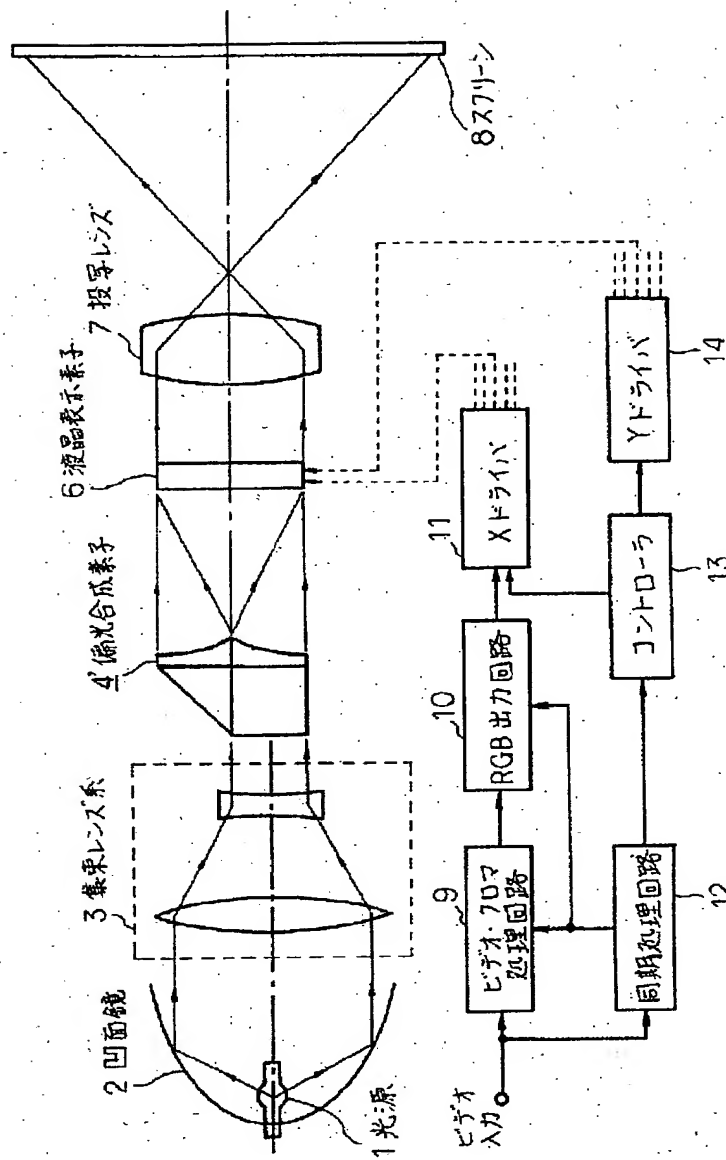


(21)

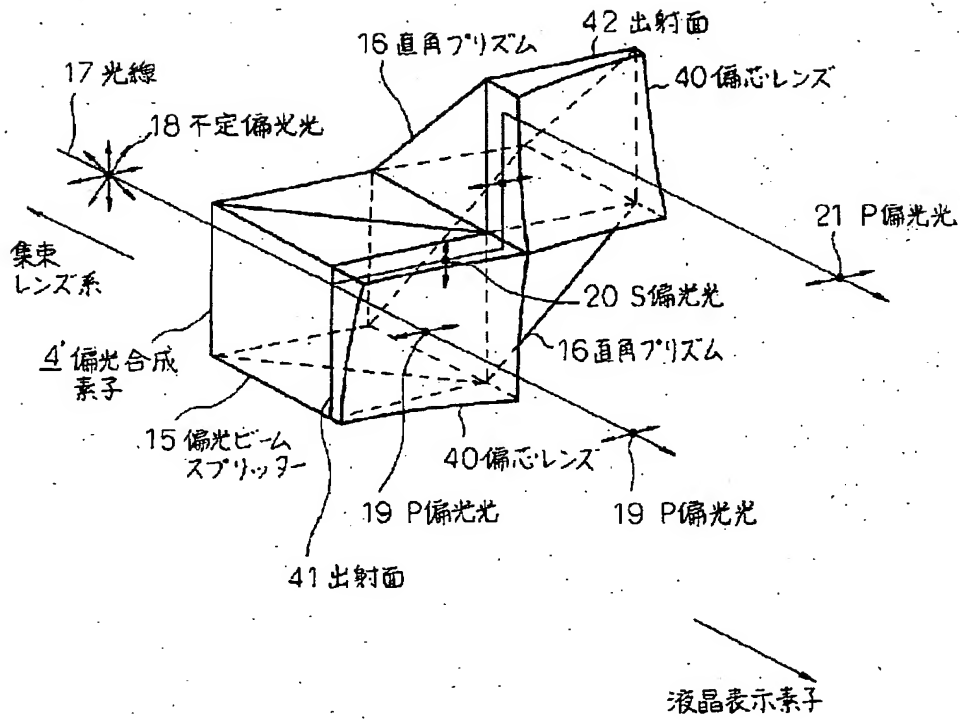
【図11】



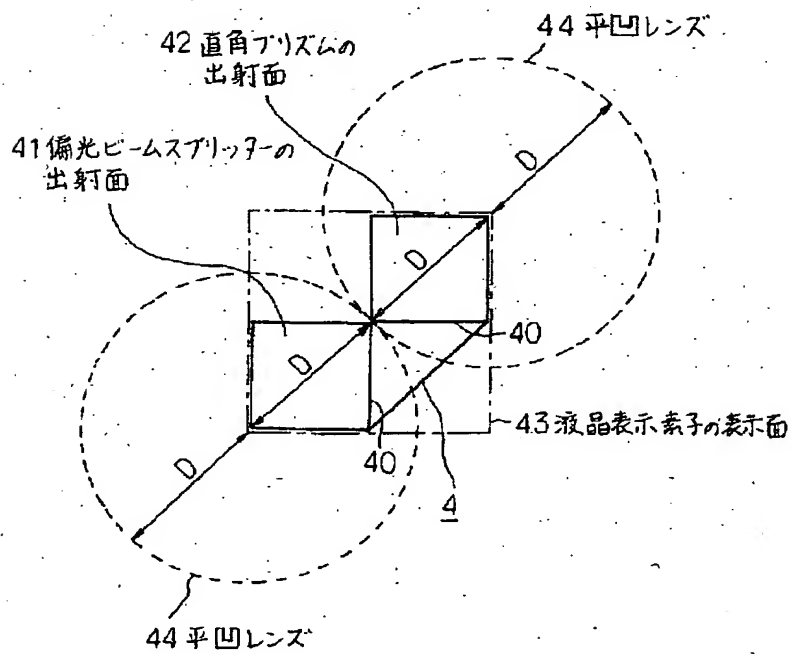
【図12】



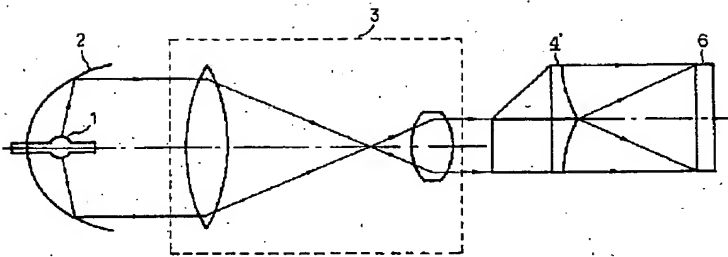
【図13】



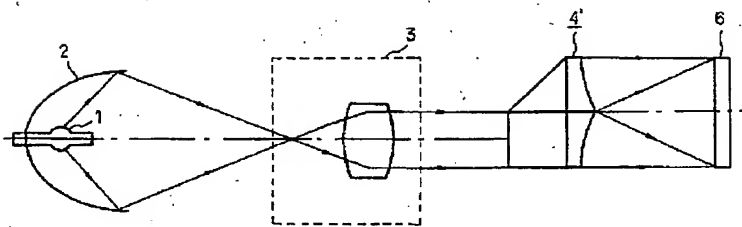
【図14】



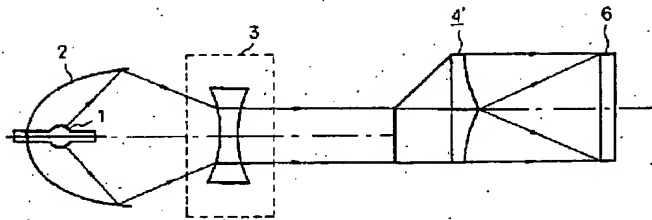
【図17】



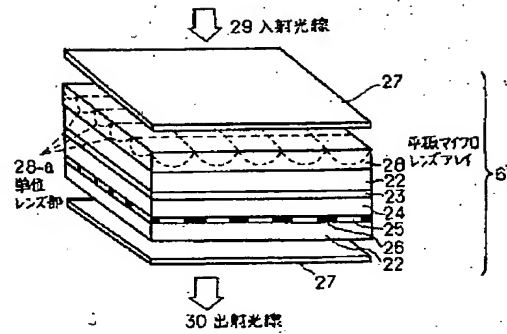
【図18】



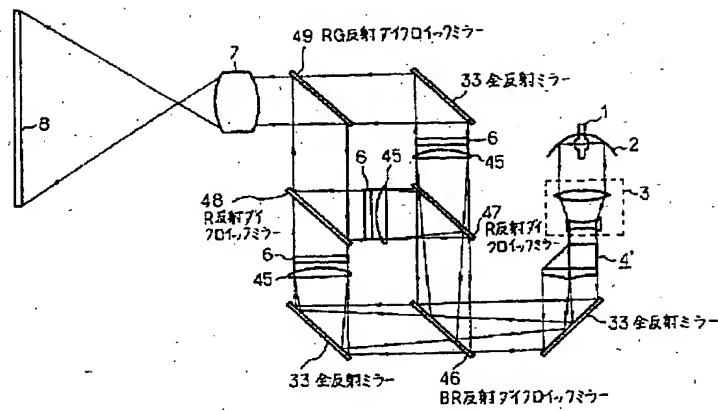
【図19】



【図22】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 丸山 竹介
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株
 式会社日立製作所映像メディア研究所内